هانا فراي

HELLO WORLD

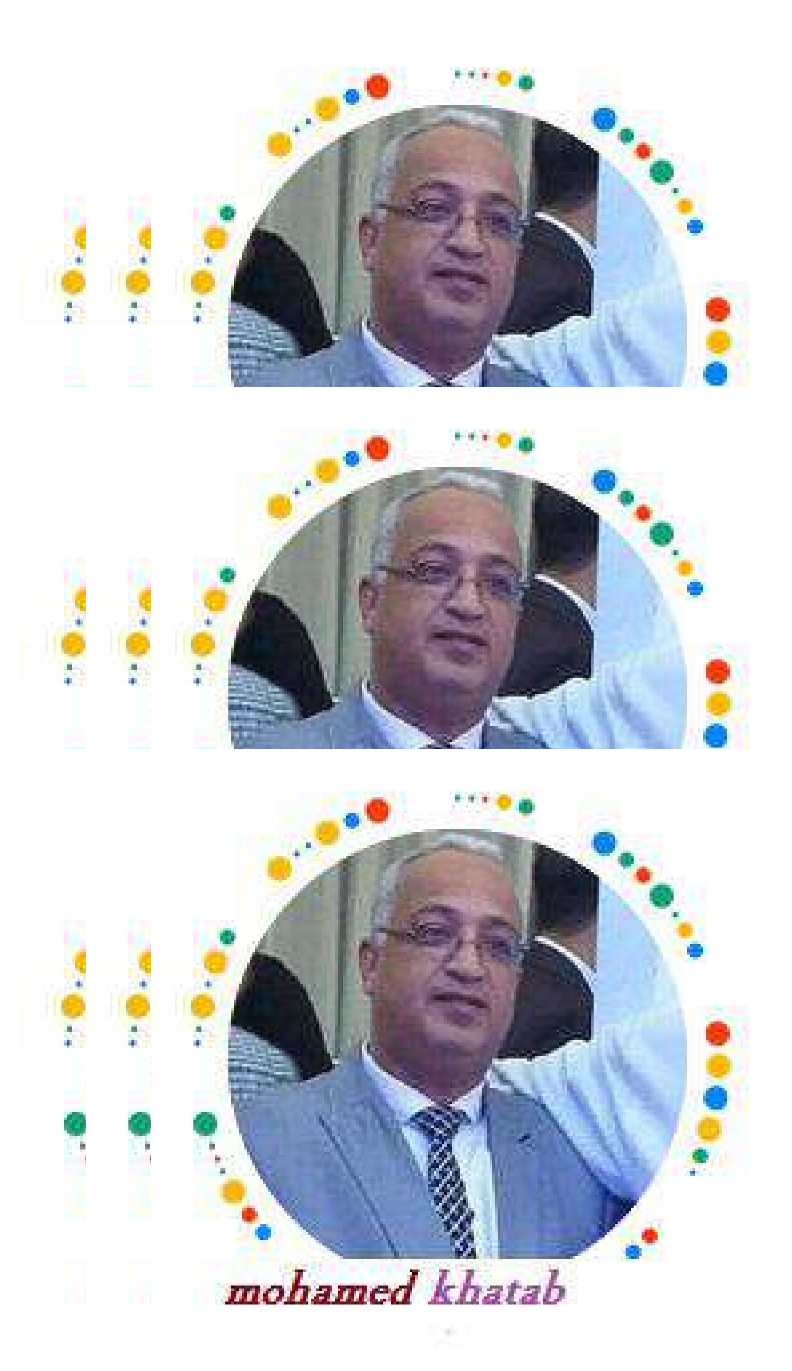


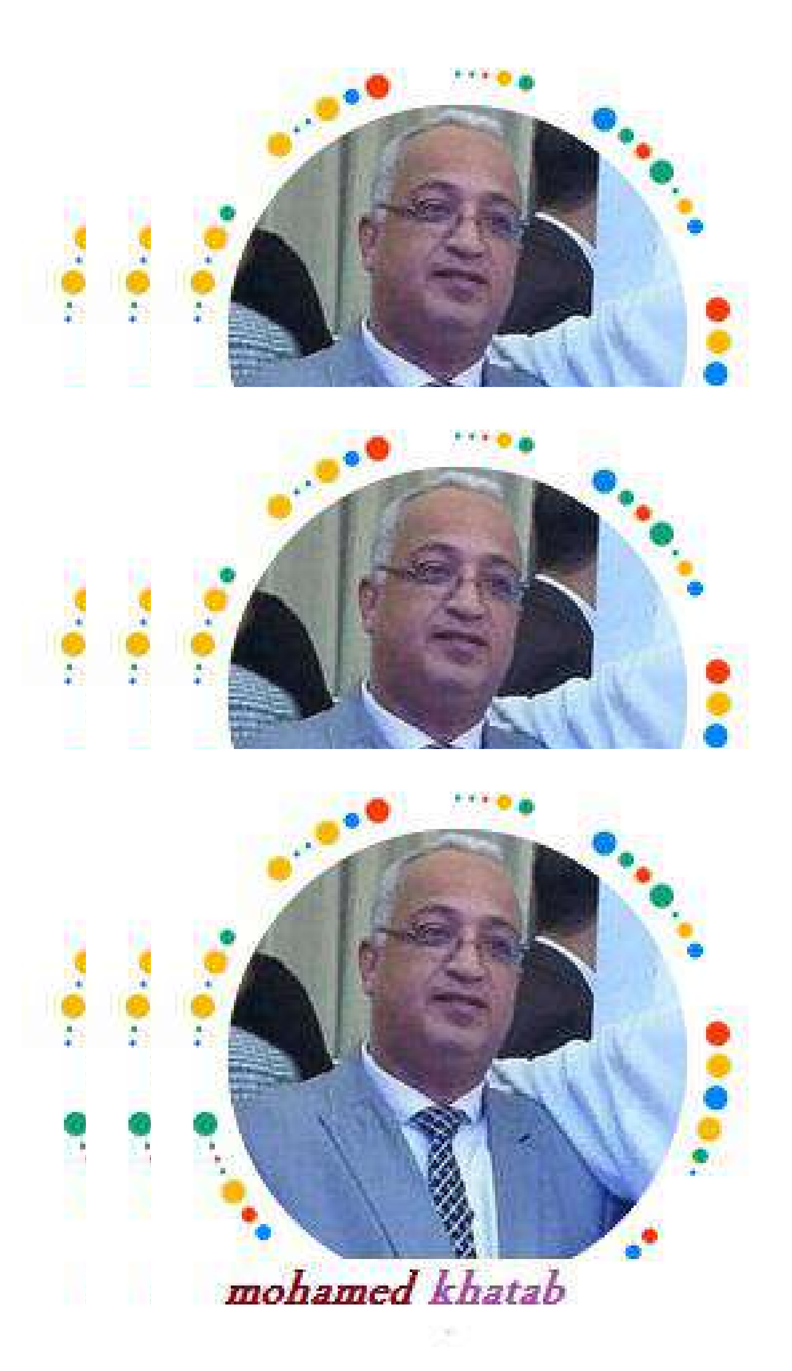
# أهلاً بالعالم

## أن تكون إنسانًا في عصر الخوارزميات

ترجمة:
محمد أ. جمال

مكتبة
kalemat


mohamed khatab


mohamed khatab

# Hello World

## أن تكـــون إنـــســانــــــاً في عصر الخوارزميات

## How to Be Human in the Age of the Machine


هانا فراي

Hannah Fry



ترجمة:

محمد أ. جمال

2021

مكتبة | ١١٣١
t.me/soramnqraa

Kalemat

إلى ماري فراي

شكراً لأنك لم تستسلمي قط

المحتويات:





# فيما يخص العنوان

عندما كنت في السابعة، اشترى أبي لي ولشقيقاتي هدية: جهاز كمبيوتر 8-بت صغير من نوع زد إكس سبيكترم ZX Spectrum، كانت هذه أول مرة على الإطلاق نمتلك فيها واحداً. كان عمره على الأرجح خمس سنوات عندما وصل بيتنا، لكن بالرغم من كونه مستعملاً، فكرت على الفور أن هناك شيئاً ما مذهلاً في تلك الآلة الأنيقة. السبيكترم كان بالكاد نظيراً لكومودور 64 Commodore 64 (رغم أن أطفال الحي الأثرياء هم فقط من كان عندهم من ذلك النوع)، لكني لطالما رأيته وحشاً أجمل بكثير. بإطاره الأسود اللامع الذي يمكن أن تحمله بين يديك. وكان ثمة شيء حميمي في الأزرار الرمادية المطاطية والشريط الملون بألوان قوس قزح والممتد قطرياً في أحد الأركان.

بالنسبة لي، مثّل وصول زد إكس سبيكترم نقطة بداية صيف لا يُنسى، قضيته في العُلّيّة مع شقيقتي، نُبرمج ألغاز هانجمان(*) لبعضنا، أو نرسم أشكالاً بسيطة باستخدام الأكواد. لكن كل هذه الأشياء «المتقدمة» جاءت لاحقاً. كان علينا في البداية إجادة الأساسيات.

---

*- Hangman Puzzle: لعبة تخمين، يفكر فيها أحد اللاعبين في كلمة ويحاول البقية تخمينها عبر اقتراح عدة حروف، تُلعب عادة بالورق والأقلام. [المترجم].

بالنظر إلى ما كان، لا أجد نفسي قادرة على تذكّر اللحظة التي كتبتُ فيها برنامجي الأول على الكمبيوتر على الإطلاق، لكني متأكدة تماماً أني أعرف ماذا كان؛ كان على الأرجح نفس البرنامج البسيط الذي صرت أُدرّسه لكل تلاميذي في كلية لندن الجامعية UCL، نفس ما ستجده في الصفحة الأولى من أي مرجع تمهيدي في علوم الكمبيوتر. فهناك تقليد بين كل من يتعلمون كتابة الأكواد، أقرب لطقس عبور. أول مهمة تقوم بها كمبرمج مبتدئ هي وضع ذلك التعبير الشهير على الشاشة:

"Hello World"

«أهلاً بالعالم»

إنه تقليد يعود لسبعينيات القرن العشرين، عندما ضمنه براين كيرنيغان Brian Kernighan كدرس تعليمي في مرجعه فائق الشعبية للبرمجة[1]. مثّل الكتاب -وبالتالي التعبير- نقطة مهمة في تاريخ الكمبيوتر. ظهرت المعالِجات الدقيقة في المشهد لتوها، مبشّرة بتحول الكمبيوترات مما كانت عليه في الماضي -آلات هائلة متخصصة، تتغذى على البطاقات المثقوبة والشرائط الممغنطة- إلى شيء أشبه بالكمبيوتر الشخصي الذي اعتدنا عليه، بشاشة ولوحة مفاتيح ومؤشر وامض. ومعه جاء «أهلاً بالعالم» في أول لحظة صارت فيها المحادثة مع كمبيوترك الشخصي ممكنة.

بعد أعوام، أخبر براين كيرنيغان محاوره من مجلة فوربس Forbes عما ألهمه بهذا التعبير. كان قد شاهد رسماً كرتونياً يظهر بيضة تفقس كتكوتاً يغرّد بالكلمات: «أهلاً بالعالم!»، وعلقت الكلمات برأسه.

ليس من الواضح هنا تماماً من الذي يُفترض به أن يكون الكتكوت في هذا السيناريو: الإنسان الذي يظهر وجهه أول مرة في عالم البرمجة، مُعلناً وصوله بانتصار؟ أم الكمبيوتر نفسه الذي يستيقظ من سباته الرتيب بين جداول البيانات والوثائق النصّية، جاهزاً لتوصيل عقله بالعالم الحقيقي وتنفيذ طلبات سيده الجديد؟ ربما كلاهما. لكنها بلا شك جملة تجمع كل المبرمجين، وتربطهم بكل آلة بُرمجت ذات يوم.

هناك شيء آخر أحبه بخصوص تلك الجملة، شيء لم يكن من قبل قط أكثر أهمية أو صلة بالواقع مما هو الآن. بينما يزداد تحكم خوارزميات الكمبيوتر في مستقبلنا وتقريرها لمصيره أكثر فأكثر، فإن جملة «أهلاً بالعالم» هي تذكرة للحظة حوار بين الإنسان والآلة، بلحظة تضاءلت فيها الحدود بين المتحكِّم والمتحكَّم به حتى باتت غير مُدركة تقريباً. لحظة مثّلت بداية شراكة أو رحلة مشتركة من الاحتمالات، لا يمكن فيها لأحدهم أن يوجد دون الآخر.

في عصر الآلة، ذلك شعور يستحق الحفاظ عليه في الذاكرة.

# مقدمة

إن أي شخص زار جزيرة جونز بيتش Jones Beach في لونغ-آيلاند Long Island بنيويورك، لا بد من أنه قاد مركبته تحت سلسلة من الجسور خلال طريقه إلى المحيط. هذه الجسور، التي بُنيت في الأساس لتصفية الناس من وعن الطريق السريع، بها خاصية غير معتادة. فيما هي تتقوس برقّة فوق حركة المرور، يبلغ انخفاضها درجة استثنائية، حتى أنها أحياناً لا تترك بينها وبين الأسفلت أكثر من تسعة أقدام.

هناك سبب لهذا التصميم الغريب. في عشرينيات القرن العشرين، كان روبرت موزس Robert Moses، مخطّطاً حضرياً قوياً في نيويورك، حريصاً على الحفاظ على متنزه الولاية الذي انتهى منه حديثاً كمحمية للأمريكان الأثرياء بيض البشرة. ولأنه يعرف أن زبائنه المفضلين يفضلون التنقل بسياراتهم الخاصة، بينما الناس من أحياء السود الفقيرة يتنقلون بالحافلات، حاول متعمداً الحد من قابلية الوصول عبر بناء مئات الجسور المتدنية على طول الطريق السريع، أدنى من أن تستطيع الحافلات المرتفعة اثني عشر قدماً من العبور تحتها[2].

الجسور العنصرية ليست الجمادات الوحيدة التي كانت لها سلطة خفية صامتة فوق الناس. يترع التاريخ بأمثلة لأشياء واختراعات ذات قوة تفوق هدفها المعلن[3]. أحياناً ما يكون ذلك

عن عمد وتخطيط خبيث مسبق في التصميم، لكن في أحيان أخرى يكون نتيجة لسهو غير مقصود: فكر مثلاً في افتقار بعض الأماكن الحضرية لممرّات خاصة بالكراسي المدولبة. وفي بعض الأحيان هي عواقب غير مقصودة، مثلما كان مع مكننة آلات الخياطة في القرن التاسع عشر؛ كان يفترض بها تسهيل صنع المنسوجات المعقدة، لكن في النهاية، مع تأثيرها على الأجور والبطالة وظروف العمل، يمكن القول إنها صارت أكثر طغياناً من أي رأسمالي فيكتوري.

الاختراعات الحديثة لا تختلف كثيراً، فقط اسأل سكان مدينة سكونثورب Scunthorpe في شمال إنجلترا، الذين حُظروا من فتح حسابات AOL بعدما صنعت عملاقة الإنترنت مرشِّحاً جديداً للألفاظ النابية اعترض على اسم مدينتهم[4]. أو تشوكويميكا أفيجبو Chukwuemeka Afigbo، الرجل النيجيري الذي اكتشف أن موزع الصابون الآلي الذي يعمل بكفاءة عندما يضع صديقه الأبيض يده تحت الآلة، يرفض الاعتراف بيده ذات البشرة السوداء [5].. أو مارك زوكربيرغ Mark Zuckerberg، الذي لم يكن ليتخيل عندما كان يكتب كود فيسبوك في سكنه بجامعة هارفارد في 2004، أن اختراعه سيُتّهم بالمساعدة في التلاعب بأصوات الناخبين حول العالم[6].

خلف كل من تلك الاختراعات يوجد خوارزم، قطع الكود الخفية التي هي تروس وعجلات عصر الآلة الحديث. منحت الخوارزميات العالم كل شيء، من صفحات مواقع التواصل الاجتماعي ومحركات البحث وخدمات تحديد المواقع بالأقمار

الصناعية إلى أنظمة ترشيحات الموسيقى، وهي جزء لا يتجزأ من بنيتنا التحتية الحديثة مثلها مثل الجسور والمباني والمصانع في كل مكان. إنها داخل مستشفياتنا ومحاكمنا وسياراتنا. تستخدمها الشرطة ومتاجر السوبر ماركت واستوديوهات الأفلام. تعلّمَت ما نحب وما نكره، وتخبرنا ما نشاهد وما نقرأ ومن نواعد. وطيلة الوقت، لديها القدرة الخفية على تغيير قواعد ما يعني أن تكون إنساناً، بهدوء وحذاقة.

في هذا الكتاب، سنستكشف المصفوفة الواسعة من الخوارزميات التي يتزايد اعتمادنا عليها، وإن كان ذلك بدون وعي ربما. سننظر عن كثب في ادعاءاتها، ونفحص عن قرب قوتها غير المعلنة، ونواجه الأسئلة غير المُجابة التي تثيرها. سنقابل خوارزميات تستخدمها الشرطة لتحديد من يجب اعتقاله، والتي تجبرنا على الاختيار بين حماية ضحايا الجريمة وبراءة المتّهمين. سنقابل خوارزميات يستخدمها القضاة لتحديد مدة عقوبة المجرمين المدانين، والتي تطلب منا تحديد الشكل الذي يجب أن يبدو عليه نظامنا للعدالة. سنجد خوارزميات يستخدمها الأطباء لتجاوز تشخيصهم الشخصي، وخوارزميات داخل السيارات ذاتية القيادة ترغمنا على تعريف نظامنا الأخلاقي، وخوارزميات لها رأي في طريقة تعبيرنا عن مشاعرنا، وخوارزميات لديها القدرة على تقويض أنظمتنا الديموقراطية.

أنا لا أقترح أن الشر متأصّل في الخوارزميات. فمثلما سترى في هذه الصفحات، ثمة أسباب عديدة لتصبح إيجابياً ومتفائلاً بخصوص ما ينتظرنا. لا يوجد شيء أو خوارزم يُعتبر طيباً أو

شريراً في ذاته، بل كيفية استخدامه هي ما يهمّ. كان اختراع نظام تحديد المواقع GPS مخصصاً لإطلاق الصواريخ النووية، والآن يُستخدم للمساعدة في توصيل البيتزا. وموسيقى البوب كانت تُستخدم كأداة تعذيب بتشغيلها على وضع التكرار. ومهما كان إكليل الزهور جميلاً، بوسعي دوماً، إن أردتُ ذلك فعلاً، أن أخنقك به. تكوين رأي عن خوارزم يعني فهم العلاقة بين الإنسان والآلة. فكل خوارزم مرتبط بشكل لا ينفصم بمن بناه وبمن يستخدمه.

ما يعني أن هذا الكتاب، في صميمه، عن البشر. إنه عن من نحن، وإلى أين نحن ذاهبون، وما المهم بالنسبة لنا، وكيف يتغير ذلك من خلال التكنولوجيا. إنه عن علاقتنا بالخوارزميات الموجودة بالفعل، التي تعمل معنا جنباً إلى جنب، تسلط الضوء على قدراتنا وتصحح أخطائنا وتحل مشاكلنا، وتخلق مشاكل جديدة على طول الطريق.

إنه عن التساؤل إن كان لخوارزم منفعة صافية على مجتمع ما. عن متى عليك أن تثق في الآلة أكثر من حكمك الشخصي، ومتى عليك أن تقاوم إغراء ترك الزمام لها. إنه عن تفكيك الخوارزميات وإيجاد حدودها، والنظر في أعماق أنفسنا لنجد حدودنا. إنه عن فصل الضار عن النافع، وتحديد نوع العالم الذي نود العيش فيه.

لأن المستقبل لا يحدث من تلقاء نفسه، نحن من نصنعه.

# في القوة

كان غاري كاسباروف Garry Kasparov يعرف جيداً كيف يُرهب خصومه. في سن الرابعة والثلاثين، كان أعظم لاعب شطرنج عرفه العالم، تصحبه سمعة مخيفة بما فيه الكفاية لإثارة توتّر أي غريم. غير أنه كانت له خدعة بعينها صارت تُرعب خصومه. بينما هم يجلسون متعرّقين خلال أصعب مباراة في حياتهم على الأرجح، يلتقط الروسي عرضاً ساعته التي كانت ملقاة بجوار رقعة الشطرنج، ويُعيدها إلى معصمه. تلك كانت علامة يعرفها الجميع؛ تعني أن كاسباروف قد ملّ من اللعب بخصمه. كانت الساعة بمثابة أمر موجه لخصمه بأن وقت الانسحاب من المباراة قد حان. بوسعهم الرفض، لكن في كلتا الحالتين نصرٌ كاسباروف صار قريباً وحتمياً[7].

لكن عندما واجه ديب بلو Deep Blue، كمبيوتر شركة IBM، كاسباروف في مباراة مايو 1997 الشهيرة، مثل تلك المناورات لم يكن لها تأثير على الآلة. نتيجة المباراة معروفة، لكن حكاية كيف أمّن ديب بلو فوزه أقل انتشاراً مما يجدر بها. ذلك النصر الرمزي للآلة على الإنسان، والذي كان بطرق عدة مؤشراً لبداية العصر الخوارزمي، كان يرجع لما هو أكثر من مجرد القوة الحسابية. ليهزم كاسباروف، كان على ديب بلو أن يفهمه، ليس فقط كمعالج عالي الكفاءة لتحركات الشطرنج الماهرة، بل كإنسان.

مبدئياً، اتخذ مهندسو IBM قراراً عبقرياً بتصميم ديب بلو ليبدو أكثر تردداً مما هو في الحقيقة. إبان المواجهة ذات المباريات الست الشهيرة، كانت الآلة تمتنع أحياناً عن إعلان حركتها التالية بعدما تنتهي من حساباتها، ما استمر لدقائق في بعض المرات. من ناحية كاسباروف، ذلك التأخير أظهر الآلة وكأنها تعاني، تُعيد وتُزيد في الحسابات. ما بدا وكأنه يؤكّد ما حسب كاسباروف أنه يعرفه، أنه نجح في تحويل مسار اللعبة إلى نقطة عدد الاحتمالات فيها كان هائلاً لدرجة أن ديب بلو لم يكن قادراً على اتخاذ قرار سليم[8]. لكن ديب بلو في الواقع كان يجلس ساكناً، تاركاً عقرب الساعة يدق، بينما يعرف بالضبط لعبته التالية. تلك كانت خدعة خبيثة، لكنها نجحت. حتى في أثناء أول مباريات المواجهة، أخذت شكوك كاسباروف في صحة تخميناته عن مدى براعة الآلة تشتّت عقله[9].

ومع أن كاسباروف فاز بالمباراة الأولى، فقد كان في الثانية أن تسلل ديب بلو فعلاً إلى رأسه. حاول كاسباروف جذب الكمبيوتر إلى شرك، مغرياً إياه بأكل بعض القطع، بينما هو في الوقت ذاته يتجهز لتحرير وزيره وشن هجوم بعد عدة أدوار[10]. توقّع كل المشاهدين من خبراء الشطرنج أن يبتلع الكمبيوتر الطُعم، مثلما توقع كاسباروف نفسه. لكن بشكل ما، شعر ديب بلو أن ثمة خدعة. أدرك الكمبيوتر -مصيباً كاسباروف بالذهول- ما يخطط له مُعلم الشطرنج الحصيف، وتحرّك ليعيق طريق وزيره، قاتلاً أية فرصة لفوز الإنسان[11].

بدا كاسباروف مذعوراً بوضوح. خطؤه في الحكم على قدرات الكمبيوتر أطاح به. في مقابلة صحفية بعد المواجهة بأيام، وصف ديب بلو بأنه: «فجأة، لعب للحظة وكأنه إله[12]». بعد سنوات عديدة، متأملاً ما شعر به حينها، سيكتب: «ارتكبتُ خطأ الافتراض أن الحركات المفاجئة حينما يقوم بها كمبيوتر هي أيضاً حركات قوية موضوعياً[13]». في كلتا الحالتين، انتصرت عبقرية الخوارزم. إن فهمه للعقل الإنساني والقابلية الإنسانية للخطأ، قد هاجم وهزم العبقرية شديدة البشرية.

بعزيمة مثبطة، انسحب كاسباروف من الدور الثاني بدلاً من السعي إلى التعادل. من هذه النقطة بدأت ثقته في الاهتزاز.

انتهت الأدوار ثلاثة وأربعة وخمسة بالتعادل. وبحلول الدور السادس بات كاسباروف مكسوراً. انتهت المباراة بنتيجة ½ 3 لديب بلو و½ 2 لكاسباروف.

تلك كانت هزيمة غريبة. كان كاسباروف قادراً بما يكفي على الخروج من تلك المواقف على الرقعة، لكنه استخف بقدرات الخوارزم ثم سمح لنفسه بالخوف منه. قال في 2017 مسترجعاً المباراة: «كنت مذهولاً للغاية من لعب ديب بلو. صرت مهتماً بما قد يستطيع فعله حتى أصبحت غافلاً عن كيفية تزايد مشاكلي بسبب سوء لعبي أنا، أكثر من جودة لعبه[14]».

مثلما سنرى مرة تلو أخرى في هذا الكتاب، التوقعات مهمة. قصة هزيمة ديب بلو للأستاذ الكبير توضح أن قوة الخوارزم لا تقتصر على ما تحويه سطور برنامجه. فهم عيوبنا الشخصية ومواطن ضعفنا -وفهمها في الآلة أيضاً- هو مفتاح البقاء في موقع التحكم.

لكـن إن فشـل شـخص مثـل كاسـباروف فـي اسـتيعاب ذلـك، هـل يوجـد أمـل لبقيتنـا؟ سـنرى فـي هـذه الصفحـات كيـف تسـلّلت الخوارزميـات إلـى كل مناحـي الحيـاة المعاصـرة تقريبـاً؛ مـن الصحـة والجريمـة إلـى التنقّـل والسياسـة. وفـي الآن ذاتـه، صرنـا رافضيـن لهـا وخائفيـن منهـا ومتعجّبيـن مـن قدراتهـا. النتيجـة النهائيـة باتـت أننـا لا نملـك أدنـى فكـرة عـن مـدى القـوى التـي نتخلـى عنهـا، أو إن كنـا تركنـا الأمـور تتجـاوز المـدى.



### عودة إلى الأساسيات

قبـل الخـوض فـي ذلـك كلـه، ربمـا مـن المحبـذ التوقـف لوهلـة لنبحـث عـن المعنـى الفعلـي لـ«الخـوارزم». فذلـك مصطلـح، برغـم شـيوع اسـتخدامه، يفشـل كثيـراً فـي توصيـل أيـة معلومـة حقيقيـة. يعـود ذلـك إلـى أن الكلمـة نفسـها غامضـة نسـبياً، تعريفهـا كالتالي[15]:

الخـوارزم algorithm (اسـم): طريقـة مـن عـدة خطـوات متتابعـة لحـلّ مشـكلة أو تحقيـق هـدف، خاصـة بواسـطة كمبيوتـر.

هـذا كل شـيء. الخـوارزم هـو ببسـاطة سلسـلة مـن التعليمـات المنطقيـة التـي توضـح كيفيـة تنفيـذ مهمـة، مـن البدايـة إلـى النهايـة. مـن هـذا التعريـف الواسـع يمكـن اعتبـار وصفـة صنـع الكيـك خـوارزم، وكذلـك الاتجاهـات التـي تقدمهـا لإرشـاد غريـب تائـه، وكتيبـات إيكيا IKEA لإرشـادات التركيـب، ومقاطـع فيديـو اليوتيـوب لحـل المشـكلات، وحتـى كتـب التنميـة الذاتيـة. نظريـاً، أيـة سلسـلة تعليمـات مكتفيـة ذاتيـاً لتحقيـق هـدف معيـن واضـح يمكـن وصفهـا بالخـوارزم.

لكن هذه ليست الطريقة التي يستخدم بها المصطلح. عادة ما يشير الخوارزم إلى شيء محدد أكثر من ذلك بقليل. قد لا يزال يعني في النهاية قائمة تعليمات متتابعة، لكن الخوارزميات في الغالب أدوات رياضية. إذ تستخدم مجموعة من العمليات الرياضية -مثل المعادلات والحساب والجبر والتفاضل والتكامل والمنطق والاحتمالات- وتترجمها إلى كود كمبيوتر. تُغذى ببيانات من العالم الحقيقي ويُعطى لها هدف، ثم يُطلق سراحها فتمضي مجرية حساباتها لتحقيق غايتها. الخوارزميات هي ما جعلت من علم الكمبيوتر علماً حقيقياً، وفي أثناء ذلك كانت الوقود الذي جعل من الممكن تحقيق أكثر الإنجازات الإعجازية الحديثة التي نفذتها الآلات.

هناك عدد لا يُحصى تقريباً من الخوارزميات المختلفة. لكل منها هدفه المختلف وخواصه المتفردة، ونقاط قوته وضعفه الخاصة، ولا يوجد اتفاق على الكيفية الأمثل لتصنيفها. لكن بصورة عامة، من المفيد أن نفكر في مهام العالم الواقعي التي تقوم بها الخوارزميات تحت أربعة تصنيفات رئيسية[16]:

**تحديد الأولويات Prioritization: لعمل قوائم مُرتبة**

يتنبأ بحث غوغل Google بالصفحات التي تبحث عنها من خلال ترتيب نتائج البحث فوق بعضها. تقترح لك نتفليكس Netflix أي فيلم تشاهده بعد الحالي. يختار لك توم توم(*) Tom Tom أسرع طريق.

*- توم توم Tom Tom: شركة هولندية تصنع منتجات مرورية وملاحية وخرائط إلكترونية بتقنيات نظام تحديد المواقع GPS. [المترجم].

تستخدم هذه التقنيات كلها معالجات حسابية من أجل ترتيب كل الخيارات الممكنة من حيث الأولوية. ديب بلو أيضاً كان في الأساس خوارزم ترتيب أولويات، يستعرض كل الحركات الممكنة على رقعة الشطرنج ويحسب أياً منها يقدم فرصة أقرب للفوز.

**تصنيف Classification: لاختيار أحد الأنواع**

ما أن اقتربتُ من نهاية العشرينات من عمري، حتى انهالت عليّ إعلانات الخواتم الماسية على فيسبوك. وما أن تزوجت أخيراً، حتى أمست إعلانات اختبارات الحمل تتبعني في جميع أركان الإنترنت. الشكر على هذا الإزعاج المحدود لخوارزميات التصنيف. هذه الخوارزميات التي يحبها المُعلنون، تعمل في كواليس المشهد وتصنّفك كشخص مهتم بهذه الأشياء بناءً على خصائصك. (ربما هي على حق أيضاً، لكن يظل من المزعج أن تنبثق إعلانات اختبارات الخصوبة على حاسبك المحمول في منتصف اجتماع).

ثمة خوارزميات بوسعها تصنيف المحتويات غير اللائقة وإزالتها تلقائياً على يوتيوب YouTube، وخوارزميات تضع العناوين على صور عطلتك من أجلك، وخوارزميات قادرة على فحص خط كتابتك اليدوي وتصنيف كل علامة على الصفحة كأحد حروف الأبجدية.

**الربط Association: للبحث عن الصلات**

خوارزميات الربط تُعنى بإيجاد وتحديد العلاقات بين الأشياء. خوارزميات المواعدة مثل OKCupid هي خوارزميات ربط في

أساسها، تبحث عما يصل بين أعضائها وتقترح شركاء متوافقين بناءً على ما وجدَت. محركات الاقتراحات في أمازون Amazon تستخدم فكرة مشابهة، إذ تربط بين ما تهتم به مع اهتمامات زبائن سابقين. وهو ما يقود لاقتراحات تسوق مثيرة للاهتمام مثل تلك التي قابلها Kerbobotat مستخدم موقع Reddit بعدما اشترى مضرب بيسبول من أمازون: «ربما أنت مهتم بشراء قناع بالا-كلافا bala-clava؟»[17][*].

الفرز Filtering: لتحديد ما هو مهم

عادةً ما تحتاج الخوارزميات لحذف بعض المعلومات للتركيز على ما هو مهم، لفصل الإشارة عن الضوضاء المصاحبة. أحياناً ما تفعل ذلك حرفياً: خوارزميات التعرّف على الحديث، مثل تلك في سيري Siri وأليكسا Alexa وكورتانا Cortana، تحتاج أولاً لفصل صوتك عن ضوضاء الخلفية قبل أن تشرع في فكّ شفرة ما تقول. وأحياناً ما تفعله رمزياً: فيسبوك Facebook وتويتر Twitter يفرزان القصص المتعلقة باهتماماتك المعروفة، لتصميم حائط منشورات مفصّل عليك.

الغالبية العظمى من الخوارزميات تُبنى لتحقيق مزيج ممّا سبق. خذ عندك أوبر-بول UberPool مثلاً، الذي يوفّق بين الركاب المحتملين مع آخرين متجهين إلى نفس الاتجاه. بالأخذ في الاعتبار نقطتي بدء التحرك والوجهة النهائية، عليه أن يفرز

*- بالا-كلافا bala-clava: قناع يغطي في العادة كامل الوجه باستثناء العينين وأحياناً الفم، يستخدم للتدفئة، ويشتهر باستخدامه لإخفاء الهوية خلال ارتكاب الجرائم [المترجم].

كل الطـرق المحتملـة لتوصيلـك، والبحـث عـن روابـط بينـك وبيـن مستخدمين آخريـن متوليـن نفـس الوجهـة، واختيـار مجموعـة منهـم وتعيينـك بهـا، كل هـذا فيمـا هـو يرتّـب الطـرق ذات القـدر الأقل مـن الاستدارات للسـائق، للوصـول بالرحلـة إلـى أعلـى كفـاءة ممكنـة[18].

إذن، هـذا مـا تسـتطيع الخوارزميـات فعلـه. السـؤال الآن، كيـف تستطيع فعل ذلك؟ حسناً، في حيـن أن الاحتمـالات فعلياً لا نهائيـة، لا تـزال هنـاك طريقـة لتكثيـف الأمـور. بوسـعك التفكيـر فـي الطـرق التـي تتخذهـا الخوارزميـات بأنهـا تنتمـي بشـكل عـام لنموذجيـن رئيسـيين، سـنقابل كليهمـا فـي كتابنـا هـذا.

### خوارزميات قواعد التعليمات Rule-based algorithms

النـوع الأول هـو خوارزميـات قواعـد التعليمـات. وضـع أوامرهـا الإنسـان، مباشـرة غيـر غامضـة. بوسـعك تخيـل تلـك الخوارزميـات وكأنهـا تتبـع منطـق وصفـة صنـع الكيـك. الخطـوة الأولـى: افعـل ذلـك، الخطـوة الثانيـة: إن كان ذلـك فافعـل ذاك. لا يعنـي هـذا أن تلـك الخوارزميـات بسيطة، هنـاك مجـال واسـع لبنـاء برامـج قويـة بذلـك النمـوذج.

### خوارزميات تعلم الآلة Machine-learning algorithms

النـوع الثانـي مسـتوحى مـن كيفيـة تعلـم الكائنـات الحيـة. لتخيـل الأمـر فكّـر كيـف تسـتطيع تدريـب كلـب علـى مصافحتـك. لا تحتـاج إلـى وضـع قائمـة تعليمـات مفصلـة وشـرحها للكلـب. كمـدرب، كل مـا تحتـاج إليـه هـو صـورة واضحـة فـي عقلـك للشـيء الـذي تريـد الكلـب أن يفعلـه، ووسـيلة مـا لمكافأتـه عندمـا يقـوم بالشـيء الصحيـح. الأمـر

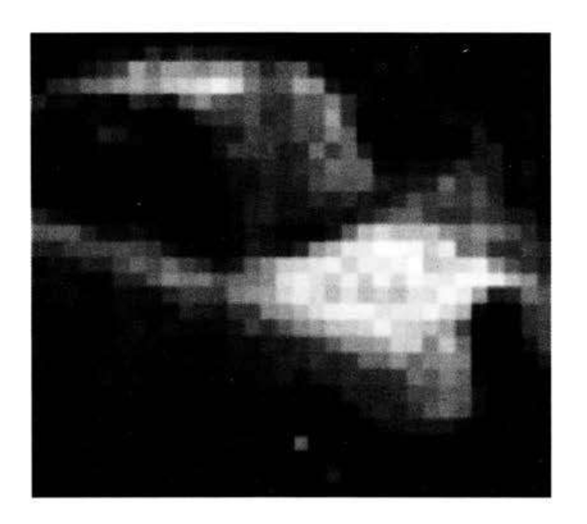
ببساطة يتعلق بتعزيز السلوك الجيد وتجاهل السيّئ، وجعله يتدرب بما يكفي ليعرف ما عليه فعله بنفسه. المكافئ الخوارزمي لذلك يُعرف باسم خوارزم تعلم الآلة، ما يأتي تحت مظلة أوسع تُعرف بالذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence أو اختصاراً AI. إذ يُقدّم للآلة هدف وبيانات وتغذية مرجعية تخبرها إن كانت على الطريق الصحيح، ثم تتركها لتعمل على إيجاد الطريقة المناسبة لتحقيق تلك الغاية.

لكلا النوعين مميزات وعيوب. وبما أن خوارزميات قواعد التعليمات كتبها بشر، فإن استيعابها يسهل. إذ يستطيع أي شخص نظرياً فتحها واتباع منطقها لإدراك ما يحدث بالداخل[19]. لكن في قوتها يكمن أيضاً ضعفها؛ لن تفيد خوارزميات قواعد التعليمات إلا في حلّ المشكلات التي يعرف البشر كيفية كتابة تعليمات حلها.

في المقابل، أثبتت خوارزميات تعلم الآلة مؤخراً أنها جيدة بشكل ملحوظ في التعامل مع المشاكل التي لا يصلح معها كتابة قائمة من التعليمات. بوسعها التعرف على الأشياء في الصور، وفهم الكلمات التي نتحدث بها، وترجمتها من لغة إلى أخرى، وهو شيء طالما عانت خوارزميات قواعد التعليمات في التعامل معه. الجانب السلبي منها هو أنك لو تركت الآلة تكتشف الحلّ بنفسها، فالطريق الذي ستسلكه لن يكون مفهوماً في الغالب للملاحِظ البشري. قد يشكل ما بداخلها لغزاً حتى بالنسبة لأذكى المبرمجين على قيد الحياة.

خذ عندك على سبيل المثال مهمّة التعرف على الصور. وضح عدد من الباحثين اليابانيين مؤخراً إلى أي مدى قد تبدو طريقة

الخوارزم في النظر إلى العالم غريبة بالنسبة للإنسان. ربما مرّت عليك من قبل ألعاب الخداع البصري الذي لا يمكنك فيه تفريق إن كنت ترى صورة مزهرية أو وجهين متقابلين (إن لم تَرَه، يوجد مثال لذلك في الهوامش بنهاية الكتاب)[20]. إليك المقابل الكمبيوتري؛ أظهر الفريق أن تغيير بيكسل وحيد في العجلة الأمامية أسفل الصورة، كاف لجعل خوارزم تعلم الآلة يغير رأيه من رؤيتها كصورة سيارة إلى صورة كلب[21].



بالنسبة للبعض، فكرة أن يعمل خوارزم دون تعليمات واضحة تعني وصفة مضمونة للكوارث. كيف يمكننا التحكم في ما لا نفهم؟ ماذا إن فاقت قدرات الآلة الواعية خارقة الذكاء قدرات صانعيها؟ كيف نتأكد أن ذكاءً اصطناعياً لا نفهمه ولا نقدر على التحكم به، لا يعمل ضدنا؟

هـذه كلهـا أسـئلة افتراضيـة مثيـرة للاهتمـام، ولا يوجـد نقـص فـي الكتـب المكرسـة للحديـث عـن التهديـد الوشـيك لنهايـة عالـم يتسـبب فيهـا ذكاء اصطنـاعـي. لكـن هـذا الكتـاب ليـس منهـا، خالـص اعتـذاري إن كنـت تأمـل فـي ذلـك. رغـم أن نمـو الـذكاء الصنـاعـي تزايـد فـي قفـزات واسـعة سـريعة مؤخـراً، إلا أنـه لا يـزال «ذكيـاً» فـي أضيـق نطـاق يمكـن وصفـه بتلـك الكلمـة. ربمـا مـن الأفضـل أن نفكـر فـي مـا مررنـا بـه كثـورة فـي الإحصائيـات الحسـابية عوضـاً عـن ثـورة فـي الـذكاء. أعلـم أن ذلـك يجعـل الأمـر أقـل إثـارة بكثيـر (إلا إن كنـت ممـن يثيرهـم الإحصـاء بشـدة)، لكـن هـذا الوصـف أدق مـن الشـائع حاليـاً. الآن، القلـق مـن شـرّ الـذكاء الاصطنـاعـي يشـبه بشـكل مـا القلـق مـن الازدحـام علـى المريـخ[*]. قـد نصـل يومـاً مـا إلـى تلـك المرحلـة التـي يتجـاوز عندهـا ذكاء الكمبيوتـر الـذكاء البشـري، لكننـا لسـنا قريبيـن منهـا حاليـاً بـأي شـكل، فـي الواقـع، نحـن مازلنـا بعيديـن جـداً عـن صنـع ذكاء قنفـذ حتـى. إلـى الآن لـم يتمكـن أحـد مـن تجـاوز مسـتوى دودة[**].

---

*- هـذا التعبيـر مـن تعليـق لعالـم الكمبيوتـر الرائـد فـي مجـال تعلـم الآلـة آنـدرو نـج Andrew Ng فـي حديـث قدمـه عـام 2015.، انظـر:
Tech Events, 'GPU Technology Conference 2015 day 3: What's Next in Deep Learning', YouTube, 20 Nov. 2015, https://www.youtube.com/watch?v=qP9TOX8T-kI

**- محاكاة مخ الدودة هو بالضبط هـدف المشـروع العلمي العالمي OpenWorm، فهم يأملون أن ينتجـوا صناعيـاً الشـبكة ذات الـ 302 عَصَبُون/خليـة عصبيـة neuron الموجـودة فـي مـخ دودة الربـداء الرشـيقة Caenorhabditis elegans. لرؤيـة الأمـر مـن منظـور أعـمّ، نحـن البشـر لدينـا حوالـي 100,000,000,000 عصبـون. /OpenWorm website: http://openworm.org

إلـى جانـب ذلـك، كل تلـك الضجـة حـول الـذكاء الاصطناعـي تُشـتّتنا عـن أمـور أكثـر إلحاحـاً وحكايات أكثـر -بحسـب رأيـي- إثـارة للاهتمـام. دعـك مـن الآلات الذكيـة الاصطناعيـة كليـة القـدرة لوهلـة وهـات عقلـك مـن المسـتقبل البعيـد إلـى هنـا والآن، فهنـاك بالفعـل خوارزميـات مطلقـة العنـان للتصـرف كصانـع قـرار مسـتقل؛ تقـرر مُـدد العقوبـة فـي السـجن والعـلاج المناسـب لمرضـى السـرطان ومـاذا يحـدث فـي حـوادث السـيارات. إنهـا بالفعـل تقـوم نيابـة عنـا باختيـارات مغيـرة لمسـار الحيـاة عنـد كل منعطـف.

السـؤال هـو، بينمـا نحـن نسـلمها كل تلـك القـوة، هـل تسـتحق ثقتنـا؟

**إيمان أعمى**

الأحـد 22 مـارس 2009 لـم يكـن يومـاً طيبـاً علـى روبـرت جونـز Robert Jones. كان يقـود سـيارته عائـداً مـن زيـارة لبعـض أصدقائـه عبـر مدينـة تودمـوردن Todmorden الجميلـة فـي مقاطعـة ويسـت يوركشـير West Yorkshire، عندمـا لاحـظ إضـاءة إشـعار قـرب نفـاد الوقـود فـي سـيارته البـي إم. دابليـو. BMW. عليـه أن يجـد محطـة وقـود خـلال سـبعة أميـال فقـط قبـل أن ينفـد تمامـاً، مـا يمنحـه هامـش وقـت محـدود للغايـة. لحسـن الحـظ بـدا أن نظـام تحديـد المواقـع وجـد لـه طريقـاً مختصـراً، وأرسـله إلـى طريـق ضيـق ملتـوٍ فـي أعلـى جانـب الـوادي.

اتبـع روبـرت تعليمـات الآلـة، لكـن الطريـق ظـلّ يـزداد انحـداراً وضيقـاً بينمـا يقـود. بعـد نحـو ميليـن، صـار ممـراً ترابيـاً يبـدو

مصمماً بالكاد للأحصنة، ناهيك للسيارات. لكن روبرت لم يأبه، كان يقود خلال عمله خمسة آلاف ميلٍ كل أسبوع، ويعلم جيداً كيف يتدبّر أموره خلف عجلة القيادة. بالإضافة إلى تفكيره في أنه: «لا يوجد سبب يدعو لعدم الثقة في ملاح توم توم المتصل بالأقمار الصناعية[22]».

بعد برهة قصيرة، صار بوسع أي شخص نظر إلى أعلى صدفة من أسفل الوادي، أن يرى أنف سيارة روبرت البي إم دابليو تطل من على حافة الجرف، لم ينقذها من سقطة بعمق مئة قدم إلا السياج الخشبي الواهي على الحافة الذي اصطدمت به لتوّها.

في النهاية سيتطلب استرجاع سيارة روبرت من حيث هجرها جرارٌ زراعي وثلاث دراجات رباعية. لاحقاً في العام نفسه، عندما مثُل أمام المحكمة بتهمة القيادة المتهورة، اعترف أنه لم يفكر في تجاهل تعليمات الآلة. قال في مقابلة صحفية بعد الحادثة: «أخذت تصر على أن ذلك المسار هو في الحقيقة طريقاً، فوثقت فيها. أكنت ستتخيل أنها ستقودك تقريباً إلى الحافة؟»[23].

لا يا روبرت، أظن أنك لم تكن لتتخيل.

ثمة عبرة في مكان ما من هذه القصة. رغم أنه على الأرجح شعر ببعض الحماقة في ذلك الوقت، لتجاهله معلومات أمام عينيه (مثل رؤية جرف هاوٍ من نافذة السيارة) وعزوه للخوارزم ذكاءً أكثر مما يستحق، لكنه كان معذوراً. في النهاية، كاسباروف نفسه وقع في ذات الفخ قبل حوالي اثني عشر عام. وكلنا، بشكل أهدأ لكن لا يقل تورطاً، مذنبين بارتكاب نفس الخطأ، ربما حتى أن ندرك.

سابقاً في 2015، شرع العلماء في فحص كيف تمتلك محركات البحث مثل غوغل القدرة على تغيير نظرتنا للعالم[24]. أرادوا أن يعرفوا إن كانت للإيمان الذي نضعه في نتائج البحث حدود صحية، أم أننا سنتبعها بسعادة إلى حافة الهاوية المجازية.

تركيز التجربة كان على الانتخابات المقبلة في الهند. الباحثون بقيادة عالم النفس روبرت إبستاين Robert Epstein جندوا 2150 ناخباً لم يقرر بعد مصير أصواتهم من شتى أنحاء الهند، ومنحوهم إمكانية استخدام محرك بحث اسمه كادودل Kadoo-dle، صُنع خصيصاً لمساعدتهم في التعرف أكثر على المرشحين قبل تقرير إلى أيهم ستذهب أصواتهم.

غير أن كادودل كان مُتلاعَباً به. لم يعرف المشاركون أنهم قُسّموا إلى مجموعات، تظهر لكل مجموعة نسخة مختلفة بعض الشيء من نتائج محرك البحث، منحازة لمرشح أو آخر. عندما يزور المشاركون من أحد المجموعات الموقع، يجدون أن كل الروابط على رأس الصفحة تفضل مرشحاً بعينه، ما يعني أنهم بحاجة إلى النزول متجاوزين رابطاً تلو رابط، قبل أن يجدوا أخيراً صفحة وحيدة تفضل مرشحاً آخر. كل مجموعة كانت مدفوعة في اتجاه مرشح مختلف.

النتائج التي أظهرت أن المشاركين قضوا أغلب أوقاتهم في قراءة الصفحات الموضوعة في أعلى نتائج أول صفحة بحث، لم تكن مفاجئة. مثلما تقول المزحة الإنترنتية القديمة: أفضل مكان لإخفاء جثة قتيل هو الصفحة الثانية من نتائج بحث غوغل Google. لم ينتبه أي من المشاركين في التجربة إلى النتائج في

أسفل الصفحات إلا بالكاد. لكن برغم ذلك، فأن الدرجة التي أثّر بها ترتيب النتائج على آراء المتطوعين أذهلت حتى إبستاين. بعد دقائق قليلة من النظر في نتائج محرك البحث المنحازة، كان المشاركون أميل للإجابة على سؤال من سينال أصواتهم، بالمرشح الذي فضله كادودل بنسبة 12% أكثر من غيره.

في مقابلة مع مجلة ساينس Science العلمية في[25] 2015، وضح إبستاين ما حدث: «نحن نتوقع من محرك البحث أن يتخذ قرارات حكيمة. ما يقولونه هو: (حسناً، أنا أرى الانحياز ويخبرني هذا... أن محرك البحث يقوم بوظيفته)». ربما الأسوأ، نظراً للكيفية التي نتلقى بها معلوماتنا من خوارزميات مثل محركات البحث، هو إلى أي مدى يعتقد الناس أن لديهم القدرة على التحكم في آرائهم الشخصية، كتب إبستاين في ورقته الأصلية[26]: «عندما يكون الناس غير واعيين بالتلاعب بهم، يميلون للتفكير أنهم تبنّوا وجهة النظر الجديدة طواعية».

كادودل، بالطبع، ليس الخوارزم الوحيد الذي اُتّهِم بالتلاعب الحاذق بآراء الناس السياسية. سنتطرق إلى المزيد عن ذلك في فصل «في البيانات»، لكن تكفي الآن الإشارة إلى كيف تقترح التجربة أن ما نشعر به حيال الخوارزميات هو أنها على حقّ أغلب الوقت. وينتهي بنا الحال مؤمنين بأن رأيها أسمى[27]. وبعد فترة، لا نعود حتى واعين بانحيازنا تجاهها.

تُوفر لنا الخوارزميات في كل مكان حولنا مصدراً ملائماً لنوع ما من السلطة. وسيلة سهلة لانتداب المسؤولية؛ طريقاً مختصراً نسلكه بلا تفكير. من ذا الذي سيضغط كل مرة على

الصفحة الثانية من غوغل كل مرة ويفكر في كل نتيجة بحث بطريقة نقدية؟ أو يذهب بنفسه لكل شركة طيران ليتأكد أن عروض سكاي-سكانر Sky-scanner(*) هي الأرخص؟ أو يستخدم المسطرة وخارطة طريق ليتأكد أن ما يقترحه برنامج تحديد المواقع هو الطريق الأقصر؟ بالتأكيد لست أنا.

لكن ثمة فارق يجب التأكيد عليه هنا. لأن الثقة في خوارزم جدير بالثقة عادة، هو شيء، والثقة في آخر دون أي فهم راسخ لجودته، هو شيء مختلف تماماً.

**عندما يقابل الذكاءُ الاصطناعي الغباءَ الطبيعي**

في 2012، بلغ عدد من الأشخاص ذوي الهمّة في ولاية إيداهو Idaho أن معونتهم الطبية ستقل[28]. رغم كونهم جميعاً مؤهلين للحصول عليها، قررت الولاية أن تقتطع من إعاشتهم المالية -دون إنذار- بنسبة 30%[29]، تاركة إياهم يعانون في دفع فواتير الرعاية. لم يكن ذلك قراراً سياسياً، كان نتيجة لاستخدام «أداة الميزانية budget tool» الجديدة التي تبنّتها إدارة الصحة والرعاية في إيداهو؛ برنامج يحسب أوتوماتيكياً مستوى الدعم الذي يتلقاه كل شخص[30].

المشكلة كانت أن قرارات أداة الميزانية لم تبدُ منطقية. فبوسع أي شخص يراقب المشهد من الخارج رؤية أن أرقامها كانت اعتباطية في الأساس. تلقى بعض الأشخاص أموالاً أكثر

*-Sky-scanner: محرك بحث سكوتلندي لرحلات الطيران وشؤون السفر المختلفة [المترجم].

مما نالوا في أعوام سابقة، فيما وجد آخرون أن ميزانياتهم قد انخفضت بمقدار عشرات آلاف الدولارات، ما يجعلهم عرضة للاضطرار إلى ترك بيوتهم لتلقي الرعاية في مؤسسات [الرعاية الصحية][31].

لعدم قدرتهم على فهم سبب الخصم، أو لتحدي القرار بشكل فعال، التجأ المواطنون إلى الاتحاد الأمريكي للحريات المدنية (ACLU) للمساعدة. تولى قضيتهم ريتشارد إبينك Richard Ep-pink المدير القانوني لفرع إيداهو[32]، الذي قال في تدوينة عام 2017: «حسبت أن الأمر لن يتجاوز سؤال الولاية: حسناً، أخبرونا عن سبب قص الميزانية لهذه الدرجة؟[33]». لكن في الواقع، سيحتاج الأمر لأربع سنوات، وأربعة آلاف مدّعٍ، ودعوة قضائية جماعية، لفهم أساس ما حدث[34].

أخذ إبينك وفريقه في السؤال عن تفاصيل كيفية عمل الخوارزم، لكن فريق المعونة الطبية رفض توضيح حساباتهم. حجتهم كانت أن البرنامج الذي قيّم الحالات يُعدّ «سرّاً تجارياً trade secret» لا يمكن مشاركته[35]. لحسن الحظ لم يوافقهم القاضي الذي تولى القضية. بعد تسليم أداة الميزانية التي كانت لها كل تلك السلطة على المواطنين، اتضح أنها لم تكن نوعاً من الذكاء الاصطناعي المعقد، ولا نموذجاً رياضياً صُمّم بمهارة، بل جدول إكسل[36] Excel spreadsheet.

كان يُفترض أن الحسابات داخل الجدول مبنية على حالات سابقة، لكن البيانات كانت مفعمة بالأخطاء البرمجية السيئة التي جعلت البرنامج بالكامل بلا فائدة[37]. والأسوأ من ذلك، أنه ما

أن تمكن فريق ACLU من استخراج المعادلات، حتى اكتشفوا «عيوباً إحصائية أساسية في الطريقة التي وُضعت بها المعادلات نفسها». عملياً، كانت أداة الميزانية تُقدم نتائج عشوائية لعدد هائل من الناس. كان الخوارزم -إن أمكن تسميته كذلك- رديء الجودة لدرجة أن المحكمة حكمت في النهاية بكونه غير دستوري[38].

يوجد خطآن بشريان متوازيان هنا، الأول: هناك من كتب هذا الجدول الجدير بالقمامة، والثاني: وثق فيه آخرون بسذاجة. كان «الخوارزم» ببساطة عملاً بشرياً رديئاً متنكراً في شكل كود. لماذا إذن كان العاملون في الولاية متمسكين بالدفاع عن شيء مريع كهذا؟

هذه أفكار إبينك بخصوص الأمر:

> إنه ذلك الانحياز الذي نكنه جميعاً للنتائج الكمبيوترية، نحن لا نشكك فيها. عندما ينتج عن الكمبيوتر شيئاً ما، مثلما نأتي بخبير إحصائي لينظر في بعض البيانات ثم يضع معادلة، نحن نثق ببساطة في تلك المعادلة، دون أن نسأل «انتظر لحظة، كيف تعمل هذه بالضبط؟»[39].

أعلم أن تفكيك كل معادلة حسابية وفحص كيفية عملها ليس هواية الجميع المفضلة (حتى وإن كانت هوايتي). غير أن إبينك، برغم ذلك، أثار نقطة بغاية الأهمية عن نزوعنا البشري لأخذ القيمة الاسمية للخوارزميات دون التساؤل عما يدور في الكواليس.

على مدى سنوات عملي كخبيرة رياضية مع البيانات والخوارزميات، صرت مؤمنة أن الطريقة الوحيدة للحكم الموضوعي على خوارزم إن كان جديراً بالثقة، هي تحري كيفية

عمله بالضبط. من خبرتي أدركت أن الخوارزميات تشبه كثيراً ألعاب خفة اليد؛ في البداية تبدو وكأنها سحراً عجائبياً، لكن ما أن تفهم الخدعة وراءها حتى يتبخّر اللغز. كثيراً ما يكون هناك شيء بسيط لدرجة مضحكة (أو متهور لدرجة مقلقة) مختبئاً خلف الواجهة. لذا، سأحاول في الفصول التالية وفي الخوارزميات التي سنستكشفها أن أعطيك لمحة لما يدور في الكواليس، كافية لترى كيف تحدث الخدعة، حتى لو لم يكن ذلك كافياً لتؤديها بنفسك.

لكن حتى مع الرياضيين العتاة، تظل هناك أوقات تطلب فيها الخوارزميات منك أن تؤمن بها إيماناً أعمى. ربما لأن، مثلما في حالة بحث غوغل وسكاي-سكانر، التحقق من نتائجها ليس عملياً. أو ربما مثلما في حالة أداة ميزانية إيداهو وغيرها مما سنقابل، تُعدّ الخوارزميات «سراً تجارياً». أو كما في حالة بعض تقنيات تعلم الآلة، عملية التتبع المنطقي لما في داخل الخوارزم مستحيلة.

ستكون هناك أوقات علينا فيها تسليم الزمام إلى المجهول، حتى ونحن نعلم أن الخوارزم عرضة لارتكاب الأخطاء. أوقات سنضطر فيها للاختيار بين حكمنا الشخصي وحكم الآلة. إن قررنا حينها الثقة في غرائزنا بدلاً من الحسابات، سنحتاج بالأحرى إلى شجاعة فائقة في الاعتقاد.

كان ستانيسلاف بيتروف Stanislav Petrov ضابطاً عسكرياً روسياً مسؤولاً عن نظام الإنذار النووي المبكر الذي يحمي النطاق الجوي السوفييتي. وظيفته كانت تنبيه رؤسائه على الفور إن أظهر الكمبيوتر أية علامة على هجوم أمريكي[40].

كان بيتروف في الخدمة يوم 26 سبتمبر 1983 عندما بدأت الصفارات في العويل بعد منتصف الليل بقليل. ذلك كان الإنذار الذي يخشاه الجميع. اكتشفت الأقمار الصناعية السوفييتية صواريخ تابعة للعدو متجهة إلى أراضٍ روسية. كان ذلك في قلب الحرب الباردة، وفكرة الضربة لم تكن مستبعدة. لكن شيئاً ما جعل بيتروف يتوقف. لم يكن متأكداً من ثقته في الخوارزم. اكتشفت الآلة فقط خمسة صواريخ، وهو عدد قليل بشكل غير منطقي لضربة افتتاحية في حالة هجوم أمريكي[41].

تجمد بيتروف في مقعده. يتوقف الأمر عليه: إما الإبلاغ عن الإنذار، وإرسال العالم إلى حرب نووية شبه مؤكدة، أو الانتظار وتجاهل البروتوكول، عالماً أن مرور كل ثانية يعني فرصة أقل لقادة وطنه في إطلاق هجمة مضادة.

لحسن حظنا جميعاً، أخذ بيتروف الخيار الثاني. لم تكن لديه وسيلة للتيقّن من أن الإنذار انطلق بسبب خطأ، لكن بعد 23 دقيقة -لا شك أنها مرّت عليه كدهر كامل- عندما لم يعد ثمة شكّ في أن الأراضي الروسية لم تهبط عليها صواريخ نووية، عرف أخيراً أنه كان محقاً. لقد ارتكب الخوارزم خطأً.

إن كان النظام مستقلاً بالكامل دون عامل بشري مثل بيتروف ليتصرف كحكم نهائي، كان التاريخ بلا شك سيتخذ منحى مختلفاً. روسيا كانت بالتأكيد ستقوم بما تعتقد أنه فعل انتقامي وتطلق هجوماً نووياً كاملاً. إن كان هناك أي شيء نتعلمه من هذه القصة، سيكون أن العنصر البشري يبدو أنه بالفعل جزء محوري من العملية، إن وجود سلطة الفيتو في يد شخص بوسعه مراجعة اقتراحات الخوارزم قبل اتخاذ القرار، هو الطريق المنطقي الوحيد لتجنب الأخطاء.

في النهاية، لن يشعر سوى البشر بثقل مسؤولية قراراتهم. خوارزم مُكلف بالاتصال بالكرملين لم يكن ليفكر لثانية في التداعيات المحتملة لمثل ذلك القرار. لكن بيتروف في المقابل؟ «علمت جيداً أن لا يوجد شخص بوسعه تصحيح خطئي إن ارتكبت واحداً»[42].

المشكلة الوحيدة في ذلك الاستنتاج هي أن البشر ليسوا دائماً جديرين بهذه الثقة أيضاً. أحياناً، مثلما في حالة بيتروف، سيكونون محقّين بتجاوزهم للخوارزم. لكن في الأغلب سيكون من الأفضل تجاهل غرائزنا.

لتقديم مثال آخر من عالم الوقاية، حيث حكايات تجاوز البشر خطأً لحكم الخوارزم لحسن الحظ نادرة، إليك حكاية ما حدث خلال حادثة التحطم سيئة السمعة للعبة القطار الأفعواني سمايلر Smiler rollercoaster في ألتون تاورز Alton Towers، أكبر مدينة ملاهٍ في المملكة المتحدة[43].

سابقاً في 2015، طُلب مهندسان لفحص مشكلة بالقطار الأفعواني. بعد إصلاح الخطأ، أرسلا عربة فارغة لاختبار إن كان كل شيء يعمل على ما يرام. لكنهما لم يلاحظا أن العربة لم ترجع قط. لسبب ما، تدحرجت العربة الاحتياطية للخلف ونزلت في منحدر، حيث توقفت في منتصف المسار.

في الآن ذاته، بغير علم المهندسين، أضاف طاقم إدارة اللعبة عربة زائدة للتعامل مع طول طوابير الانتظار. وما أن بلغتهم إشارة «كل شيء تمام» من غرفة التحكم، حتى بدأوا في تحميل العربات بالركاب المبتهجين، ربطوهم بأحزمة الأمان وأطلقوا أول عربة في المسار، غير مدركين على الإطلاق بوجود العربة التي أطلقها المهندسان، فارغة تائهة جالسة مباشرة في المسار.

لحسن الحظ، خطط مصممو القطار الأفعواني لموقف شبيه، وعمل خوارزم الأمان بالضبط مثلما خُطط له. لتجنب الاصطدام، توقف القطار المكتظ على قمة المطلع الأول، وانطلق الإنذار في غرفة التحكم. لكن المهندسَين، الواثقَين أنهما أصلحا اللعبة، استنتجا أن نظام الإنذار الآلي كان معطوباً.

تجاوز الخوارزم لم يكن سهلاً: كان على كليهما الاتفاق على ضغط زرّ إعادة تشغيل القطار الأفعواني في اللحظة ذاتها. بفعلهما ذلك، أطلقا قطاراً مليئاً بالناس من أعلى المنحدر ليصطدم مباشرة بالعربة العالقة الزائدة. النتيجة كانت شنيعة؛ عانى العديد من الأشخاص من إصابات مدمرة وفقدت فتاتان مراهقتان أرجلهما.

كلا موقفي الحياة والموت، ملاهي ألتون تاورز وإنذار بيتروف، يقدمان تجليات درامية لمعضلة أكثر عمقاً. عند موازنة القوة بين الإنسان والخوارزم، مَن -أو ما- الذي يجب أن يحظى بالكلمة الأخيرة؟

## صراع على السلطة

لذلك الجدال تاريخ طويل. في عام 1954، أزعج بول ميهل Paul Meehl بروفيسور علم النفس السريري بجامعة مينيسوتا، جيلاً كاملاً من البشر عندما نشر (التنبؤ السريري أم التنبؤ الإحصائي Clinical versus Statistical Prediction)، مؤيداً بحسم أحد رأيي النقاش مقابل الآخر[44].

في كتابه، قارن ميهل بشكل ممنهج بين أداء البشر والخوارزميات في مواضيع واسعة التنوع، تتوقع كل شيء بدءاً من درجات الطلاب إلى صحة المرضى العقلية، واستنتج أن الخوارزميات الرياضية، مهما كانت بسيطة، تنبؤاتها أفضل من البشر على الدوام.

كم لا يحصى من الدراسات في الأعوام الخمسين التالية أكدت نتائج ميهل. إن تضمنت مهمتك أي نوع من الحسابات، راهن كل مرة على الخوارزميات؛ في القيام بالتشخيص الطبي أو توقع المبيعات أو التكهن بمحاولات الانتحار أو الرضا عن الوظيفة، وفي تقييم أي شيء من اللياقة للخدمة العسكرية إلى الأداء الأكاديمي المتوقع[45]. لن يكون أداء الآلة منزهاً من الخطأ،

لكن إعطاء الإنسان حقّ الفيتو على الخوارزم يضيف دوماً مزيداً من الخطأ[*].

ربما ليس في هذا مفاجأة. نحن لم نُبنَ للحسابات. نحن لا نذهب للسوبر ماركت فنجد الكاشير يحدق فيما ابتعناه ليحسب التكلفة، عوضاً عن ذلك نستخدم خوارزم (بسيط بشكل لا يصدق) ليحسبها بدلاً منا. في أغلب الأوقات، من الأفضل ترك الأمر للآلة لتقوم به. مثل القول الذي يتردّد بين طياري الخطوط الجوية، إن أفضل فِرَق الطيران تتكون من ثلاثة عناصر: طيار وكمبيوتر وكلب. الكمبيوتر يُطيّر الطائرة، والطيار ليُطعم الكلب، والكلب ليعض الطيار إن حاول لمس الكمبيوتر.

لكن ثمة مفارقة في علاقتنا بالآلة. رغم أن لدينا نزوعاً للثقة الزائدة في أي شيء لا نفهمه، ما أن نعلم أن الخوارزم يمكن أن يُخطئ، لدينا عادة مزعجة في المبالغة في ردّ الفعل ونبذه بالكامل، عائدين بدلاً من ذلك إلى حكمنا القديم المعيوب. ما يعرفه الباحثون باسم **نفور خوارزمي** algorithm aversion. لقد تسامح الناس مع أخطاء الخوارزميات أقل من تسامحهم مع أخطائهم الشخصية، حتى لو كانت أخطاؤهم أكبر.

*- من المثير للتأمل وجود استثناء نادر للتفوق الخوارزمي يأتي من عدد من الدراسات المختارة المُقامة في أواخر خمسينيات وستينيات القرن الماضي، بخصوص «تشخيص» (وهي كلمتهم لا كلمتي) المثلية الجنسية. في هذه الأمثلة، أظهر الحكم البشري توقعاً أفضل بكثير، متفوقاً على أي شيء استطاع الخوارزم تحقيقه. ما يقترح وجود أشياء شديدة البشرية في طبيعتها، ستظل البيانات والمعادلات الرياضية تعاني دوماً في وصفها.

هـذه ظاهـرة أثبتتهـا الدراسـات مـرة تلـو أخـرى[46]، ولعلـك قـادر علـى ملاحظتهـا فـي نفسـك إلـى حـدّ مـا. كلمـا قـال تطبيـق City-mapper أن طريقـي سيسـتغرق وقتـاً أطـول ممـا أتوقـع، أفكـر دومـاً أنـي أعـرف أكثـر منـه (برغـم أن هـذا يعنـي أغلـب الأوقـات أنـي سـأصل متـأخـرة). كلنـا نعتنـا سـيري Siri بالحمقـاء مـرة واحـدة علـى الأقـل، ناسـين بشـكل مـا، خـلال ذلـك، التطـور التكنولوجـي المهـول الـذي تطلّبـه بنـاء مسـاعد مُتحـدث يمكنـك حملـه فـي يـدك. وفـي أول أيـام اسـتخدام تطبيـق Waze المعتمـد علـى تقنيـة تحديـد الموقـع، كنـت أجـد نفسـي جالسـة فـي الازدحـام المـروري مقتنعـة أن اتخـاذ الطـرق الخلفيـة سـيكون أسـرع مـن اتبـاع الطريـق المُقتـرح (وهـذا لـم يكـن صحيحـاً أغلـب الوقـت)، الآن صـرت أثـق بـه، ومثـل روبـرت جونـز وسـيارته البـي. إم. دابليـو.، سـأتبعه عميـاء إلـى حيـث يقودنـي (وإن كنـت أظـن أن ثقتـي سـتنفد قبـل الهاويـة).

نـزوعنـا لـرؤيـة الأشـياء بالأبيـض والأسـود -اعتبـار الخوارزميـات أسـياد كليـة القـدرة أو كومـة مـن الخـردة الباليـة- يـؤدي إلـى مشـكلة فـي عصـر التقنيـة المتطـورة. إن كنـا نسـعى للاسـتفادة القصـوى مـن التكنولوجيـا، فعلينـا إيجـاد طريقـة لنصبـح أكثـر موضوعيـة بقليـل. نحتـاج للتعلـم مـن خطـأ كاسـباروف والاعتـراف بعيوبنـا الشـخصية والتفكيـر فـي ردود فعلنـا الغريزيـة، والوعـي أكثـر بمشـاعرنا تجـاه الخوارزميـات حولنـا. وعلـى الناحيـة الأخـرى نحتـاج لإنـزال الخوارزميـات مـن مكانتهـا العاليـة، وفحصهـا بحـذر أكثـر، والتسـاؤل إن كانـت فعـلاً تفعـل مـا تدّعـي أنهـا فاعلـة لـه. هـذه هـي الطريقـة الوحيـدة لتقريـر إن كانـت تسـتحق القـوة التـي منحناهـا لهـا.

لسوء الحظ، كل ذلك قوله أسهل من فعله. في أغلب الأحوال، ليس لدينا الكثير لنقوله بخصوص قوة الخوارزميات واتساع مجالها حولنا، حتى فيما يخص تلك التي تمسّنا مباشرة.

هذا صحيح بالأخص في حالة الخوارزميات التي تتاجر في أهم سلعة معاصرة: البيانات. الخوارزميات التي تطاردنا بصمت في جميع أنحاء الإنترنت، تلك التي تحصد معلوماتنا الشخصية وتتعدى على خصوصيتنا وتستنتج طبيعة شخصياتنا بحرية تامة، لتؤثر بمكر وهدوء في سلوكنا. في وسط هذا المزيج من الثقة الموضوعة في غير محلها والقوة والقدرة على التأثير، قد تؤدي العواقب لتغير مجتمعنا جذرياً.

## في البيانات

سابقاً في 2004، بعدما أنشأ الطالب الجامعي مارك زوكربيرغ موقع فيسبوك، أجرى تلك المحادثة الفورية مع صديق له:

زوك: حسناً، إن احتجت معلومات في أي وقت عن أي شخص في هارفارد..

زوك: فقط أخبرني.

زوك: لدي أكثر من 4000 عنوان بريد إليكتروني وصورة وعنوان حقيقي...

[اسم الصديق مخفي]: ماذا؟ كيف استطعت الحصول عليها ؟

زوك: أضافها الناس ببساطة.

زوك: لا أعرف لماذا..

زوك: «يثقون» بي

زوك: يا لهم من حمقى(47)

في أعقاب فضيحة فيسبوك عام 2018، طُبعت هذه الكلمات مراراً بواسطة صحافيين يودّون الإشارة للسلوك الميكيافيلي في التعامل مع الخصوصية داخل الشركة. بشكل شخصي، أظن أن بوسعنا أن نكون أكثر كرماً في تفسير التعليقات المتبجحة لشاب في التاسعة عشر. غير أني أحسب أيضاً أن زوكربيرغ كان مخطئاً؛ لم يقدم له الناس تفاصيلهم ببساطة، بل كانوا يقدمونها كجزء

من صفقة. في المقابل، كانوا ينالون حق استخدام خوارزم يسمح لهم بالتواصل مع أصدقائهم وعائلاتهم بحُريّة، مساحة لمشاركة حياتهم مع آخرين، شبكتهم الذاتية الخاصة في رحابة الشبكة العالمية. لا أعرف ما رأيك، لكني في ذلك الوقت رأيتها صفقة عادلة.

لكن ثمة مشكلة واحدة في ذلك المنطق: نحن لسنا واعين طوال الوقت بالتبعات طويلة الأمد لذلك التبادل. لا يكاد يكون من المعروف ما بوسع بياناتنا فعله، ولا حجم قيمتها إن تغذى عليها خوارزم بارع، ولا، بالتالي، كيف اشترونا بأبخس الأثمان.

**كل قليل مفيد**

متاجر السوبر ماركت كانت بين أول ما أدرك قيمة بيانات الفرد. في قطاع تحارب فيه الشركات باستمرار على لفت انتباه الزبون -أي هامش تفضيل بسيط يمكنه حثّ سلوك التسوق عند الناس إلى الولاء للعلامة التجارية- كل تحسّن طفيف يمكن أن يتراكم إلى أفضلية هائلة. ذلك كان الدافع خلف التجربة الرائدة التي قام بها السوبر ماركت البريطاني تيسكو Tesco عام 1993.

تحت إرشاد الفريق المكون من الزوجين إدوينا دان Edwina Dunn وكليف هامبي Clive Humby، وفي عدد من المتاجر المختارة لبداية التجربة، أطلقت تيسكو بطاقة عضويتها الجديدة كلابكارد Clubcard؛ كارت بلاستيكي في حجم وشكل كروت الائتمان، بوسع الزبائن تقديمه خلال دفع ثمن مشترياتهم. التبادل كان بسيطاً: مقابل كل معاملة باستخدام البطاقة، يحصل الزبائن

على نقاط يمكنهم استخدامها مستقبلاً في التسوق من المتجر، ويتسنى لتيسكو تسجيل عملية البيع وربطها باسم الزبون[48].

البيانات المحصودة من تجربة كلابكارد الأولى كانت محدودة جداً. سجلت التجربة فقط ماذا أنفق الزبون ومتى، بالإضافة إلى اسمه وعنوانه، ولم تسجل محتويات سلة مشترياته. برغم ذلك، استطاع دان وهامبي من ذلك الحصاد المتواضع جني أفكار ذات قيمة مذهلة.

اكتشفا أن حفنة قليلة من زبائنهما الأوفياء مسؤولون عن كمّ هائل من مبيعاتهم. ورأيا من الرموز البريدية المسافات البعيدة التي يقطعها الناس قادمين إلى متاجرهم دون تذمر. وعرفا الأحياء التي يخسرون فيها أمام منافسيهم، والأحياء التي لهما فيها اليد العليا. كشفت البيانات من هم العملاء الذين يعودون كل يوم، ومن يفضل التسوق في نهاية الأسبوع.

مسلّحَين بهذه المعلومات، شرعا في حثّ سلوك زبائنهما الشرائي، من خلال إرسال سلسلة من الكوبونات لمستخدمي البطاقة عبر البريد. تلقي ذوو معدلات الإنفاق العالية قسائم تتراوح بين 3 جنيهات و30 جنيهاً إسترلينياً، وذوو المعدلات المنخفضة تلقّوا حوافز أقل بين جنيه واحد و10 جنيهات إسترلينية. والنتائج كانت مذهلة؛ 70% تقريباً من الكوبونات استُبدلت، وفيما هم في المتجر، ملأ الزبائن سلالهم. إنفاق مستخدمي كلابكارد الإجمالي كان أكثر 4% من إنفاق من لا يستخدمونها.

في 22 نوفمبر 1994، قدم كليف هامبي نتائج التجربة إلى مجلس إدارة تيسكو. عرض عليهم البيانات ومعدلات الاستجابة

والدليل على رضا العملاء وارتفاع المبيعات. استمع أعضاء المجلس صامتين، وفي نهاية العرض كان رئيس المجلس أول المتحدثين. قال: «أكثر ما يخيفني في الأمر هو أنك عرفت عن زبائني في ثلاثة أشهر أكثر مما فعلت أنا في ثلاثين عاماً»[49].

قُدّمت بطاقات كلابكارد لكل زبائن تيسكو، ويُنسب إليها فضل وضع الشركة في المقدمة أمام منافستها الرئيسية سينسبري Sainsbury's، لتصير أكبر شركة متاجر سوبر ماركت في المملكة المتحدة. وبمرور الوقت، صارت البيانات المحصودة أكثر تفصيلاً، ما يجعل استهداف عادات الزبائن الشرائية أسهل.

في مستهل أيام التسوق عبر الإنترنت، قدم الفريق خاصية تُعرف باسم «مُفضلاتي»، تُسجل فيها أية مشتريات يبتاعها الزبائن باستخدام بطاقات الولاء، لتبرز فوراً عندما يسجل الزبون دخوله في موقع تيسكو. ومثلما كان مع كلابكارد، حققت الخاصية نجاحاً مبهراً، صار بوسع الناس إيجاد المنتجات التي يرغبون فيها بسرعة دون الحاجة إلى التنقل في صفحات الموقع المتعددة. ارتفعت المبيعات، وسعد الزبائن.

لكنهم لم يسعدوا جميعاً. فبعد إطلاق الخاصية بوقت قليل، تواصلَت سيدة مع تيسكو لتشكو أن بياناتها خاطئة. كانت تتسوق عبر الإنترنت عندما وجدت في قائمة مفضلاتها واقيات ذكرية. أوضحت أن من غير الممكن أن تكون لزوجها، فهو لا يستخدمها. وبناءً على طلبها، فحص المحللون في تيسكو بياناتها واكتشفوا أن القائمة صحيحة. لكن بدلاً من أن يتسببوا في خلاف زوجي، اتبعوا نهجاً ديبلوماسياً واعتذروا عن «البيانات المعطوبة»، وأزالوا المعروضات المهينة من مفضلاتها.

طبقاً لكتاب كليف هامبي عن تيسكو، صارت تلك الآن سياسة غير رسمية داخل الشركة. عندما يظهر أي شيء يكشف أكثر من اللازم، يعتذرون عنه ويمسحون بياناته. وهو موقف ردّد صداه إيريك شميت Eric Schmidt عندما قال خلال مدة رئاسته التنفيذية لغوغل، إنه يحاول التفكير في الأمور من منطلق خطّ افتراضي يفصل بين ما هو مريب وعادي. «سياسة غوغل هي الوصول إلى خط الريبة ذلك، لكن دون عبوره»[50].

لكن بعدما تُجمع بيانات كافية لن يكون من السهل تخمين ما ستكتشفه. إن مشتريات البقالة ليست فقط ما تستهلكه، بل هي إعلان شخصي. افحص بتمعن كافٍ عادات أحدهم الشرائية، وستجد أنها تكشف في الغالب شتى أنواع تفاصيل شخصيته. وأحياناً -كما في حالة الواقيات الذكرية- قد تكون تلك أشياء تفضل ألّا تعرفها. لكن في أغلب الأحيان، بالسبر في أغوار البيانات، يمكن استخدام هذه الشظايا من المعلومات الثمينة الخفية لصالح الشركة.

### السوق المستهدف

سابقاً في 2002، شرع متجر الخصومات الأمريكي الضخم تارجت Target في البحث عن أنماط غير معتادة في بياناته[51]. يبيع تارجت كل شيء، من اللبن والموز إلى ألعاب الأطفال وأثاث الحدائق، ولديه طرق -مثل كل متاجر التجزئة الأخرى تقريباً منذ مطلع الألفية- في استخدام أرقام بطاقات الائتمان والردود على الاستبيانات الاستقصائية في ربط الزبائن بكل ما ابتاعوه في المتجر، ما يسمح لإدارته بتحليل ما يشتريه الناس.

في حكاية صارت مخزية -لا يحتاج القراء الأمريكيون لإخبارهم عنها- ذاع صيتها في جميع أنحاء البلد، أدرك تارجت أن الزيادة المباغتة في شراء العميلات الإناث لغسول الجسم غير المعطر، يتبعه غالباً اشتراكهن في عروض مستلزمات استحمام الطفل(*) في المتجر. ووجدوا في البيانات أن النساء عندما يدخلن الثلث الثاني من فترة حملهن ويبدأن في القلق من ظهور علامات التمدد stretch marks، يشترين المرطبات للمحافظة على بشرتهن طرية، ما كان فيه إشارة لما سيأتي. أرجع بالوقت للخلف أكثر، وستجد نفس النساء يترددن على تارجت لشراء خزين من الفيتامينات والمكملات المتنوعة، مثل الكالسيوم والزنك. تقدم بالوقت إلى الأمام وستجد البيانات تقترح أن عند موعد الوضع تشتري النساء أكياس كبيرة من الصوف القطني من المتجر[52].

الأمهات الحوامل هنّ حلم متاجر التجزئة. اجعل الواحدة منهن مخلصة لك في أثناء فترة حملها، وثمة فرصة لا بأس بها أنها ستستمر في تسوق منتجاتك بعد وضعها. في النهاية، عادات التسوق تتشكل سريعاً عندما يصرخ طفل جائع طالباً اهتمامك خلال تسوقك الأسبوعي. بوسع معلومات مثل تلك أن تعطي تارجت أفضلية كبيرة على الماركات المتنافسة على اهتمام الأم.

من هنا كان الأمر بسيطاً. أجرى تارجت خوارزماً يعمل على تقييم احتمالية حمل عميلاته الإناث. إن تجاوز الاحتمال حداً

*- استحمام الطفل baby-shower: عادة غربية في إقامة حفل للمرأة الحامل يحضرها في الأغلب قريباتها وصديقاتها من الإناث فقط، ويقدّمن الهدايا للطفل المتوقع، أو «يُحمّمنها» بالهدايا بحسب التعبير. [المترجم]

معيناً، سيرسل المتجر تلقائياً سلسلة من الكوبونات إلى النساء محل التساؤل، مليئة بأشياء ربما يحتجنها: حفاضات ومرطبات ومناديل أطفال وما إلى ذلك.

حتى الآن ليس في الأمر ما يدعو للجدل. غير أن بعد سنة تقريباً من عمل تلك الأداة، اقتحم والد فتاة مراهقة متجر تارجت في مدينة مينيابوليس Minneapolis غاضباً طالباً الحديث مع المدير. تلقت ابنته عبر البريد بعض كوبونات الحمل، ما أثار حنق الرجل على المتجر الذي بدا وكأنه يُطبِّع مع حمل المراهقات. اعتذر المدير مطولاً واتصل بالرجل في بيته بعد أيام قليلة لتكرار اعتذار الشركة على ما بدر منهم. لكن حينها، طبقاً للحكاية في صحيفة نيويورك تايمز New York Times، كان الأب هو صاحب الاعتذار.

قال للمدير: «لقد تحدّثت مع ابنتي، اتضح أنه كان هناك بعض النشاطات في بيتي لم أكن على علم كامل بها. ستضع مولودها في أغسطس».

لا أعلم رأيك، لكن رأيي أن الخوارزم الذي يُخبر الأب أن ابنته حبلى قبل أن تتسنى له الفرصة ليعرف بنفسه، قد تجاوز خطّ الريبة بخطوات واسعة. لكن ذلك الحرج لم يكن كافياً لإقناع تارجت بإزالة الأداة تماماً.

أوضح إداريّ في تارجت: «وجدنا أنه طالما أن المرأة الحامل لم تحسب أننا نتجسس عليها، فهي ستستخدم الكوبونات. ستفترض أن الجميع في حيّها وصلتهم بالبريد نفس العروض على الحفاضات وأسرّة الأطفال. طالما لم نفزعها، يعمل النظام».

إذن لا يـزال لـدى تارجـت متنبـئ بالحمـل يعمـل فـي خلفيـة المشـهد، مثلمـا لـدى أغلـب متاجـر التجزئـة الآن. الفـرق الوحيـد أنـه سـيخلط الكوبونـات المتعلقـة بالحمـل مـع كوبونـات أخـرى لمنتجـات عامـة فـلا تسـتريب العميلـة فـي أنهـا مسـتهدفة. قـد يظهـر إعـلان مهـد طفـل بجـوار إعـلان كـؤوس النبيـذ، أو كوبـون مـلابـس الطفـل سـيأتي معـه آخـر لأحـد العطـور.

ليس تارجـت الوحيـد الـذي يسـتخدم هـذه الطـرق. حكايـات مـا يمكـن اسـتنتاجه مـن بياناتـك نـادراً مـا تـرى النـور، لكـن الخوارزميـات موجـودة، تختبـئ بهـدوء خلـف صفحـات الشـركات الأماميـة. منـذ عـام تقريبـاً، كنـت أدردش مـع مديـر البيانـات فـي شـركة تبيـع التأميـن. كانـت لديهـم صـلاحيـة الوصـول إلـى البيانـات الكاملـة لعـادات تسـوق النـاس مـن خـلال مخطـط ولاء متجـر سـوبر ماركـت. اكتشـفوا مـن تحليلاتهـم أن طُهـاة البيـوت أقـل احتمـالاً للمطالبـة بقيمـة التأميـن علـى بيوتهـم، مـا يجعلهـم أكثـر إدراراً للربـح. هـذه نتيجـة تقابـل شـعوراً بديهيـاً معقـولاً؛ علـى الأرجـح لا يوجـد كثيـر مـن العوامـل المشـتركة بيـن مجموعـة مـن النـاس مسـتعدين لاسـتثمار وقـت ومجهـود وأمـوال فـي صنـع أطبـاق متقنـة مـن البدايـة للنهايـة، وبيـن مجموعـة أخـرى يسـمحون لأبنائهـم بلعـب كـرة القـدم فـي البيـت.

لكـن كيـف عرفـوا أن أيـاً مـن المتسـوقين طُهـاة بيـوت؟ وُجـد أن عـدداً مـن العناصـر فـي سـلال التسـوق مرتبطـة بمعـدلات مطالبـة منخفضـة. أبرزهـم، بحسـب مـا قـال لـي، ذلـك الـذي يفضـح كونـك شـخص مسـؤول فخـور ببيتـه أكثـر مـن غيـره، كان نبـات الشـمرة الطـازج.

إن كان ذلك ما بوسعك استنتاجه من عادات تسوق الناس في العالم الحقيقي، تخيل فقط ما الذي بوسعك استنتاجه إن استطعت الوصول لبيانات أكثر. تخيّل كم يمكنك أن تعرف عن أحدهم إن كان لديك سجل بكل ما فعلوه على الإنترنت.

### الغرب المتوحش

بالانتير تكنولوجيز Palantir Technologies هي واحدة من أنجح شركات وادي السيليكون على الإطلاق. أنشأها بيتر ثيل Peter Thiel (المشهور بإنشائه لباي-بال Pay-Pal) في 2003، وفي آخر حساب قُدّرت قيمتها بالرقم المذهل: 20 مليار دولار[53]. وهي نفس القيمة السوقية لتويتر تقريباً، وإن كنت على الأرجح لم تسمع بها. غير أن بالانتير بكل تأكيد -ثق فيما أقوله لك- سمعت بك.

بالانتير ليست إلا مثالاً واحداً لسلالة جديدة من الشركات تُعرف بسماسرة البيانات، الذين يشترون ويجمعون بيانات الناس الشخصية، ثم يبيعونها أو يشاركونها مقابل ربح. ثمة كثيرون غيرها: Acxiom و Corelogic و Datalogix و eBurea، عصبة من الشركات الضخمة أنت في الغالب لم تتعامل معها مباشرة، لكنها مع ذلك لا تنفكّ تراقبك وتحلل سلوكك[54].

في كل مرة تتسوق عبر الإنترنت، كل مرة تسجل في نشرة بريدية أو في موقع إليكتروني، أو تسأل عن سيارة جديدة، أو تملأ بيانات بطاقة الضمان، أو تشتري بيتاً جديداً، أو تسجل نفسك كناخب، أي في كل مرة تُقدم فيها أي نوع من البيانات؛ معلوماتك

تُحصد وتُباع لسمسار بيانات. أتذكُر عندما أخبرتَ وكيلاً عقارياً عن نوع العقار الذي تبحث عنه؟ اشترى ذلك سمسار بيانات. أو تلك التفاصيل التي كتبتها في موقع مقارنة شركات التأمين؟ اشترى ذلك سمسار بيانات. بل أن في بعض الحالات يمكن حزم كامل تاريخ تصفحك وبيعه[55].

وظيفة السمسار هي جمع كل تلك البيانات، وإحالة قطع البيانات المختلفة التي اشتراها وحصل عليها إلى بعضها، ثم إنشاء ملف واحد مفصّل عنك: ملف بيانات شخصي لظلك الرقمي. أي أنك قادر على فتح ملف رقمي برقم هوية (لن يخبرك به أحد أبداً) داخل قاعدة بيانات أحد أولئك السماسرة، يحوي آثار كل ما فعلته على الإطلاق. فيه اسمك وتاريخ ميلادك وانتمائك الديني وعادات قضائك للعطلة، واستخدامك لبطاقتك الائتمانية، وكامل رأس مالك، ووزنك وطولك وانتمائك السياسي، وعاداتك في القمار، وإعاقاتك، والعلاج الذي تستخدم، وإن كنتِ قد أجهضتِ، وإن كان والداك منفصلين، وإن كنت قابلاً للإدمان بسهولة، وإن كنت ضحية لاغتصاب، ورأيك في الرقابة على الأسلحة، وميولك الجنسية المعلنة، وميولك الجنسية الحقيقية، ومدى سذاجتك. يوجد الآلاف والآلاف من التفاصيل داخل آلاف وآلاف من التصنيفات والملفات المخبأة في الخوادم في مكان ما، فعلياً لنا جميعاً[56].

ومثل توقعات تارجت للحمل، فإن أغلب هذه البيانات ناتجة عن استنتاجات. قد يشير اشتراك في مجلة وايرد Wired إلى اهتمامك بالتكنولوجيا، رخصة حمل سلاح ناري قد تشير إلى

اهتمامـك بالصيـد. يسـتخدم السماسـرة باسـتمرار خوارزميـات ماهـرة لكـن بسـيطة لإثـراء بياناتهـم. بالضبـط مثلمـا كانـت تفعـل متاجـر السـوبر ماركـت، لكـن علـى نطـاق شاسـع.

لذلـك فوائـد كثيـرة. يسـتخدم سماسـرة البيانـات فهمهـم لنـا لمنـع المحتاليـن مـن انتحـال شـخصيات العمـلاء غيـر المرتابيـن. كذلـك معرفـة مـا نحـب ومـا نكـره تعنـي أن الإعلانـات المقدمـة لنـا إبـان تجوالنـا فـي الإنترنـت هـي الأقـرب لاهتماماتنـا واحتياجاتنـا بقـدر الإمـكان. ذلـك بـلا شـك يجعـل تجربتـك أفضـل بكثيـر مـن أن تنهمـر عليـك الإعلانـات واسـعة النطـاق لمحامـي الإصابـات ودعـوات تأميـن سـداد القـروض يومـاً بعـد يـوم. أضـف ذلـك إلـى انخفـاض ثمـن الإعلانـات الإجمالـي لأن الرسـائل الإعلانيـة بـات يمكـن توجيههـا مباشـرة إلـى العميـل الصحيـح، فصـار بوسـع الشـركات الصغيـرة ذات المنتجـات الممتـازة الوصـول إلـى جمهـور جديـد، وهـو شـيء فـي صالـح الجميـع.

لكـن، مثلمـا أنـا موقنـة أنـك تفكـر فـي هـذا بالفعل، هنـاك مصفوفـة مـن المشـاكل التـي تظهـر مـا أن تبـدأ فـي تكثيـف طبيعتنـا الإنسـانية وفرزهـا فـي سلسـلة مـن التصنيفـات. سـأتطرق لذلـك بعـد لحظـات، لكـن أظـن أولاً أن مـن الأفضـل وباختصـار توضيـح الكيفيـة الخفيـة لوصـول إعـلان إنترنـت إليـك عندمـا تتجـول ضـاغطـاً الروابـط هنـا وهنـاك، والـدور الـذي يلعبـه سمسـار البيانـات فـي تلـك العمليـة.

إذن، دعنـا نتخيـل أنـي صاحبـة شـركة سـياحة فاخـرة، وليكـن اسـمها آل فـراي. علـى مـدى سـنوات، اسـتطعت جعـل النـاس يسـجلون اهتمامهـم بموقعـي، وباتـت لـدي قائمـة بعناويـن بريدهـم الإليكترونيـة.

إن أردتُ معرفة المزيد عن مستخدمي موقعي -معلومات مثل اي نوع من العُطلات يفضلون- أستطيع إرسال قائمتي بالعناوين لسمسار بيانات، وسيقوم بالبحث عن أسمائهم في نظامه، ثم يعيد لي القائمة مرفقة بها البيانات ذات الصلة. ما يشبه إضافة عمود آخر في جدول بيانات. الآن، عندما تزور موقع آل فراي، أستطيع رؤية أن لديك ميلاً خاصاً للجزر الاستوائية، وعلى هذا الأساس أقدم لك إعلان رحلة إلى هاواي.

هذا هو الخيار الأول. أما في الخيار الثاني فلنتخيل أن موقع آل فراي فيه مساحة زائدة، ونحن مستعدون لبيعها لمعلنين آخرين. مرة أخرى أتواصل مع سمسار بيانات وأعطيه المعلومات التي أملك عن مستخدمي موقعي. يبحث السمسار عن شركات أخرى ترغب في وضع إعلانات. ولأجل الحكاية، دعنا نتخيل أن هناك شركة بيع كريم واقي من الشمس مهتمة. فلإقناعهم أن لدى موقع آل فراي جمهور يهتم بائع واقي الشمس أن يستهدفهم، يستطيع السمسار أن يعرض عليهم بعض الصفات المستنتجة لمستخدمي آل فراي: ربما منهم نسبة من ذوي الشعر الأحمر أو شيء من هذا القبيل. أو بوسع بائع الكريم أن يعطي قائمة بعناوين عملائه البريدية للسمسار، فيستطيع السمسار تخمين كم عدد العوامل المشتركة بين الجمهورين. إن وافق بائع الكريم، يظهر الإعلان في موقع آل فراي، وأتقاضى أنا والسمسار المال.

حتى الآن، لا تتجاوز كلتا الطريقتين كثيراً التقنيات المعتادة التي لطالما استخدمها المسوقون لاستهداف المستهلكين. لكن عند الخيار الثالث، تبدأ الأمور، بالنسبة لي على الأقل، في

أن تصبح مريبة قليلاً. تبحث آل فراي هذه المرة عن بعض الزبائن الجدد. أرغب في استهداف الرجال والنساء فوق سن 65، الذين يحبون الجزر الاستوائية ولديهم دخل كبير فائض عن حاجتهم، على أمل أنهم سيرغبون في السفر على واحدة من رحلاتنا البحرية الكاريبية الفاخرة. أذهب إلى سمسار البيانات الذي سيفحص قواعد بياناته ليجد لي قائمة بالناس المطابقين لوصفي.

لنتخيل الآن أنك على تلك القائمة. لن يشارك السمسار اسمك مع آل فراي. لكنه سيحدد المواقع الأخرى التي تستخدمها بانتظام. ثمة فرصة كبيرة أن السمسار سيكون على علاقة أيضاً بأحد مفضلاتك. ربما موقع تواصل اجتماعي أو إخباري، شيء من هذا القبيل. ما أن تُسجل دخولك غافلاً في موقعك المفضل، حتى يتلقى السمسار إشعاراً يبلغه أنك هناك. في نفس اللحظة تقريباً، سيستجيب السمسار بوضع علم صغير -يُعرف بملف تعريف الارتباط أو الكوكي cookie- على جهازك. هذا الكوكي(*) سيلعب دور الإشارة لباقي المواقع حول الإنترنت، قائلاً لهم إنك شخص يجب أن يُقدم إليه إعلان لرحلات آل فراي الكاريبية البحرية. وسواء أردت ذلك أو لم تُرد، فحيثما ذهبت على الإنترنت، ستطاردك تلك الإعلانات.

---

*- ليست الإعلانات هي السبب الوحيد لملفات تعريف الارتباط. تستخدمها المواقع أيضاً لتعرف إن كنت قد سجلت دخولك أو لا (لتعرف إن كان من الأمان أن ترسل لك أية معلومات حساسة) ولتعرف إن كنت زرت الصفحة من قبل (لتحفز ارتفاع أسعار مثلاً على موقع خطوط طيران، أو لترسل لك تخفيضات على موقع ملابس إليكتروني).

هنـا نتعثـر فـي أول مشـكلة؛ مـاذا إن كنـت لا ترغـب فـي رؤيـة الإعـلان؟ ربمـا لـن يضايقـك هطـول سـيل مـن صـور السـفن السـياحية الكاريبيـة عليـك إلا قليـلاً، لكـن توجـد إعلانـات أخـرى يمكنهـا أن تصيـب الفـرد بتأثيـر عميـق.

عندمـا خسـرت هايـدي ووترهـاوس Heidi Waterhouse حملهـا الـذي لطالمـا أرادتـه[57]، ألغـت اشـتراكها مـن الرسـائل الأسـبوعية التـي تُعلمهـا بمـدى نمـو جنينهـا عبـر مقارنتـه بثمـرة فاكهـة يقـارب حجمهـا جنينهـا الآن. ألغـت اشـتراكها مـن كل القوائـم البريديـة وقوائـم الرغبـات علـى مواقـع التسـوق التـي سـجلت فيهـا فـي أثنـاء انتظارهـا المتحمـس ليـوم الوضـع.

لكـن، مثلمـا أخبـرَت جمهـوراً مـن مطـوري البرامـج فـي مؤتمـر عـام 2018، فـلا توجـد قـوة علـى الأرض بوسـعها إزالـة اشـتراكها مـن الإعلانـات المتعلقـة بالحمـل والتـي تطاردهـا فـي أرجـاء الإنترنـت. بـات ظلّ الحمـل الرقمـي يحـوم وحيـداً، دون الأم أو الطفـل. أوضحـت «مـن بيـن مـن أنشـأوا هـذا النظـام لا يوجـد مـن فكّر في هـذه العاقبة».

إنـه نظـام قابـل للانفجـار، بسـبب سـهو غيـر مقصـود أو تصميـم متعمـد. بوسـع مقدّمـي قـروض الرواتـب(*) أن يسـتخدموه لاسـتهداف الأشـخاص ذوي التصنيفـات الائتمانيـة المنخفضـة مباشـرة، وعبـره يمكـن توجيـه إعلانـات الرهانـات مباشـرة للـزوار الدائميـن لمواقـع القمـار. وتوجـد مخـاوف مـن اسـتخدام هـذا النـوع مـن التنميـط البيانـي ضـد النـاس أيضـاً. مثـلاً عبـر تصنيـف هـواة الدراجـات

---

*- قـرض الراتـب Pay-Day loan: قـرض بمبلـغ صغيـر وقصيـر الأجـل، يتعهـد مُقترضـه بسـداده مـن الراتـب التالـي. [المترجـم].

النارية المتحمسين كأشخاص لديهم هوايات خطرة، أو وسم الذين يأكلون حلوى خالية من السكر أنهم مرضى بالسكر، فتُرفض طلباتهم للتأمين نتيجة لذلك. بيّنت دراسة من 2015 أن غوغل كانت تعرض إعلانات للوظائف التنفيذية عالية الرواتب لمتصفحي الإنترنت من النساء أقل بكثير مما تفعل للرجال[58]. وبعدما عرفت مُدرّسة إفريقية-أمريكية في جامعة هارفارد أن البحث في غوغل عن اسمها، عاد بإعلانات تستهدف الأشخاص ذوي السجلات الجنائية (ونتيجة لذلك كانت مضطرة لأن تثبت لربّ عمل محتمل أنها لم تواجه أية مشكلة مع الشرطة قط)، بدأت في البحث خلف الإعلانات الموجهة للمجموعات العرقية المختلفة. اكتشفت أن البحث عن «الأسماء ذات الوقع الأسود» كان مرتبطاً بالإعلانات التي تحتوي كلمة «اعتقال» (مثلاً: «هل سبق اعتقالك؟») بشكل لا يتناسب مع الأسماء «ذات الوقع الأبيض»[59].

هذه الطرق لا تقتصر على سماسرة البيانات. فما يفعلونه لا يختلف كثيراً عن طريقة عمل غوغل وفيسبوك وإنستغرام وتويتر. لا يجني عمالقة الإنترنت هؤلاءُ الأموال بامتلاكهم مستخدمين لمواقعهم، لذا تعتمد نماذج أعمالهم على فكرة الاستهداف الدقيق على أنها محركات عملاقة لتوصيل الإعلانات، تجني الأموال عبر جعل ملايين المستخدمين منخرطين بنشاط في مواقعها، يضغطون في كل مكان ويقرؤون المنشورات الممولة ويشاهدون مقاطع الفيديو الممولة وينظرون إلى الصور الممولة. وفي كل ركن تستخدمه من الإنترنت، تتاجر تلك الخوارزميات المختبئة في الخلفية بالمعلومات التي لم تكن أنت على علم بأنها لديهم

ولم تقدّمها طواعية قط. لقد جعلوا من أكثر أسرارك شخصية وخصوصية، سلعة.

لسوء الحظ، لا يفعل القانون في أغلب البلاد الكثير ليحميك. لا يخضع سماسرة البيانات لكثير من التنظيم، والحكومات -على الأخص في أمريكا- قد تغاضت عن فرص عديدة لتحجيم قوتهم. في مارس 2017 على سبيل المثال، صوّت مجلس الشيوخ الأمريكي لصالح إلغاء قواعد كانت تمنع سماسرة البيانات من بيع تاريخ تصفحك على الإنترنت دون موافقة صريحة منك. كانت هيئة الاتصالات الفيدرالية FCC قد وافقت على هذه القواعد في أكتوبر 2016، لكن بعد تغير الحكومة في نهاية نفس العام، عارضتها الأغلبية الجمهورية الجديدة في FCC والجمهوريون في الكونغرس[60].

إذن ما الذي يعنيه ذلك بالنسبة لخصوصيتك؟ دعني أخبرك عن تحقيق قامت به الصحفية الألمانية سفيا إيكرت Svea Eck-ert وعالم البيانات أندرياس ديويز Andreas Dewes يفترض به أن يعطيك فكرة واضحة[61].

أنشأت إيكرت وفريقها شركة سمسرة بيانات زائفة، واستخدموها لشراء بيانات تصفح مجهولة الهوية لثلاثة ملايين مواطن ألماني. (الحصول على تاريخ تصفح الإنترنت للناس كان أمراً بسيطاً، ذلك النوع من البيانات عن العملاء البريطانيين أو الأمريكان كان معروضاً للبيع بوفرة لدى كثير من الشركات، التحدي كان إيجاد بيانات تركّز على ألمانيا). البيانات نفسها جمعتها إضافة plugin في متصفح غوغل كروم Google Chrome

أضافها المستخدمون طواعية، غير واعين على الإطلاق بتجسسها عليهم(*).

في المجمل، تراكمت البيانات إلى قائمة هائلة من عناوين URL؛ سِجِلّ بكل ما نظر إليه الناس خلال شهر. كل بحث، كل صفحة، كل نقرة زرّ. عُرض كل ذلك للبيع بشكل قانوني.

بالنسبة لإيكرت وفريقها، كانت المشكلة الوحيدة أن بيانات التصفح مجهولة الهوية، خبر جيد بالنسبة لمن بيعت سجلات تصفحهم، أليس كذلك؟ يفترض أن يحميهم ذلك من الحرج. خطأ؛ مثلما أوضح الفريق في عرض تقديمي في ديف كون DEFCON(**) عام 2017، الكشف عن هوية قواعد البيانات الضخمة من تواريخ التصفح كان سهلاً بشكل مذهل.

إليك كيف يحدث ذلك. أحياناً ما تكون هناك دلائل مباشرة على هوية الشخص في الروابط نفسها. مثلما يحدث مع كل شخص زار موقع Xing.co، المقابل الألماني لموقع لينكيد-إن LinkedIn، إن ضغطت على صورة ملفك في موقع Xing، يرسلك الموقع إلى صفحة بعنوان يبدو كالتالي:

www.xing.com/profile/Hannah_Fry?sc_omxb_p

على الفور يفضح الاسم في الرابط الهوية، خاصة وأن النص بعد الاسم يشير إلى أن المستخدم سجل دخوله ويشاهد صورة

*- أوضحت الإضافة، التي كان اسمها للمفارقة الساخرة «شبكة الثقة The Web of Trust»، كل تلك المعلومات بوضوح بالأبيض والأسود كجزء من الأحكام والشروط.

**- ديف كون DEFCON: أكبر مؤتمرات القرصنة المعلوماتية السنوية في العالم، يعقد كل عام في لاس فيغاس بالولايات المتحدة الأمريكية. [المترجم]

ملفه الشخصية، ما يتأكد عبره الفريق أن ذلك الشخص بعينه كان ينظر في صفحته الخاصة. أمر مشابه يحدث مع تويتر. أي شخص يتفحص صفحة التحليلات الخاصة به على تويتر، يفصح عن هويته إبان ذلك. وبالنسبة لهؤلاء الذين لا يملكون كاشف هوية تلقائي في بياناتهم، لدى الفريق خدعة أخرى في جرابهم. أي شخص نشر رابطاً ما على الإنترنت، بالتغريد مثلاً عن موقع ما ربما، أو بمشاركة قائمة تشغيلهم العامة على يوتيوب، أو أي شخص ترك أثراً علنياً على الإنترنت لظلّه الرقمي المرتبط باسمه الحقيقي، فهو بدون قصد يزيل القناع عن هويته بفعله هذا. استخدم الفريق خوارزماً بسيطاً لإحالة الأشخاص المجهولين والمنشورات العامة لبعضها[62]، مع تصفية قائمة عناوين URL لإيجاد أولئك في قاعدة البيانات الذين زاروا نفس المواقع في نفس الأوقات والتواريخ التي نُشرت فيها الروابط على الإنترنت. في النهاية صارت لديهم قائمة أسماء كاملة لكل من في قاعدة البيانات تقريباً، وصلاحية وصول مطلقة لتواريخ التصفح الكاملة لملايين الألمان في إطار شهر.

بين هؤلاء الملايين الثلاثة كان هناك عدد من الأشخاص رفيعي الشأن. بينهم كان سياسي يبحث عن علاج على الإنترنت، وضابط شرطة نسخ ولصق قضية موثقة حساسة إلى صفحة ترجمة غوغل، فظهرت كل تفاصيلها في عنوان URL لتصبح جلية للباحثين. وقاض، أظهر تاريخ تصفحه زيارة يومية لمنطقة بعينها من الإنترنت. إليك عينة صغيرة منتقاة من المواقع التي زارها خلال فترة من ثمانية دقائق في أغسطس 2016:

18:22

http//:www.tubegalore.com/video/amature-pov-ex-wife-in-leather-pants-gets-creampie42945.html

18:23

http//:www.xxkingtube.com/video/pov__wifey__on__sex__stool__with__beaded__thong__gets__creampie.4814__html

18:24

http//:de.xhamster.com/movies/924590/office__lady__in __pants__rubbing__riding__best__of__anlife.html

18:27

http//:www.tubegalore.com/young__tube/1-5762/page0

18:30

http//:www.keezmovies.com/video/sexy-dominatrix-milks-him-dry?1007114-utm__sources

بين جلسات التصفح اليومية تلك، كان القاضي يبحث أيضاً على الإنترنت عن أسماء للأطفال وعربات للرُضّع ومستشفيات ولادة. استنتج الفريق أن شريكته كانت حاملاً في تلك الفترة.

دعنا نكن واضحين ها هنا: لم يقُم القاضي بأي شيء غير قانوني. بل أن الكثيرين -بما فيهم أنا- سيقولون إن القاضي لم

يفعل أي شيء خاطئ على الإطلاق. لكن هذه البيانات برغم ذلك قد تصبح ذات فائدة بين يدي شخص يود ابتزاز القاضي أو إحراج أسرته.

وهنا تبدأ الأمور في الشرود أبعد ما يكون عن خط الريبة. عندما تُجمع معلومات خاصة حساسة عنك دون معرفتك، ثم تُستخدم للتلاعب بك. وهو ما حدث بالضبط مع شركة الاستشارات السياسية البريطانية كامبريدج أناليتيكا Cambridge Analytica.

### كامبريدج أناليتيكا

أنت على الأرجح تعرف الآن أغلب هذه الحكاية.

منذ ثمانينيات القرن السابق وعلماء النفس يستخدمون نظاماً من خمس صفات لقياس شخصية الفرد. يجري تقييمك في السمات التالية: الانفتاح للتجارب ويقظة الضمير والانبساطية والمقبولية والعصابية، تقدّم معاً وسيلة مفيدة وقياسية لوصف طبيعة شخصيتك.

في 2012، قبل ظهور كامبريدج أناليتيكا بعام، بدأ مجموعة علماء من جامعتي كامبريدج وستانفورد بالبحث عن رابط بين صفات الشخصية الخمس والصفحات التي يُعجب بها الناس على فيسبوك[63]. بهذا الهدف أنشأوا استطلاع رأي على فيسبوك، يسمح للمستخدمين بخوض اختبارات قياسية نفسية (سايكومترية) حقيقية، وهم يأملون في إيجاد رابط بين حقيقة شخصية الفرد وشخصيته الإنترنتية. من قاموا بتحميل الاختبار

قدموا بشكل واع بياناتهم في كلا الأمرين: تاريخ إعجاباتهم على فيسبوك، ومقاييسهم الشخصية الحقيقية من خلال الإجابة على سلسلة أسئلة.

يسهل تخيل كيف يمكن أن تكون الإعجابات والشخصية ذات صلة ببعضها. مثلما أشار الفريق في الورقة التي نشروها في العام التالي[64]، الأشخاص المعجبين بسلفادور دالي أو التأمل أو خُطب مؤتمرات تيد TED يكاد يكون من المؤكد أن درجتهم في الانفتاح للتجارب ستكون عالية. في الآن ذاته، الذين يفضلون الحفلات والرقص وشخصية سنوكي Snooki من المسلسل التليفزيون جيرسي شور Jersey Shore، يميلون لكونهم أكثر انبساطية. نجحت الدراسة. وبعدما صار الرابط المرغوب موجوداً، بنى الفريق خوارزماً بوسعه استنتاج شخصية الفرد بناءً على إعجاباته على الفيسبوك وحدها.

ومع ظهور دراستهم الثانية في[65] 2014، كان الفريق يدعي قدرة الخوارزم على الحكم على صفات الناس الشخصية، إن استطعت جمع 300 إعجاب من ملف كل منهم على فيسبوك، بدقة أكثر من أزواجهم ذاتهم.

واليوم، فريق البحث الأكاديمي -مركز القياسات النفسية بجامعة كامبريدج- نمى الخوارزم ليستطيع تخمين الشخصية من صفحتك على تويتر أيضاً. لديهم موقع مُتاح لأي شخص، بوسعك فيه تجربة الأمر بنفسك. وبما أن حسابي على تويتر عام على أية حال، فقد فكرت أن أجرب بنفسي تخمينات الباحثين، فرفعت تاريخي التويتري عليه وملأت اختبار شخصية تقليدي مبنيّ

على الأسئلة لمقارنة النتائج. استطاع الخوارزم تقييمي بدقة في ثلاث من الصفات الخمس. ولكن يبدو أني، طبقاً لاختبار دراسة الشخصية التقليدي، أكثر انبساطية وعصابية مما تجعلني صفحتي على تويتر أبدو(*).

الحافز وراء كل ذلك كان استخدامه في الإعلانات. هكذا في[66] 2017، انتقل الفريق الأكاديمي ذاته إلى تجريب إرسال إعلانات مفصلة على الصفات الشخصية للأفراد. باستخدام منصة الفيسبوك، قدّم الفريق إعلانات منتج تجميل للانبساطيين باستخدام شعار «ارقصي وكأن أحداً لا يراك (لكنهم جميعاً يفعلون)»، بينما رأى الانطوائيون صورة لفتاة واقفة تبتسم أمام مرآة بصحبة جملة تقول «لا يحتاج الجمال للصراخ».

في تجربة موازية، استُهدف المنفتحون للتجارب بإعلانٍ لألغاز الكلمات المتقاطعة باستخدام صورة عليها كلمات «'أرسطو' أم 'سقراط'؟ أطلق العنان لإبداعك وتحدَّ خيالك بعدد لا حصر له من ألغاز الكلمات المتقاطعة». الإعلان عن نفس الألغاز للأشخاص ذوي الانفتاحية المحدودة، جاء بكلمات «ارتح مع الألغاز الأفضل على الإطلاق! الكلمات المتقاطعة التي تحدّت اللاعبين على مدى أجيال». في المجمل، يدعي الفريق أن تقديم الإعلانات الملائمة لسمات الشخصية أدى إلى ضغطات أكثر على الإعلانات بنسبة 40% ومبيعات أكثر بنسبة 50%، مما ينتج عن الإعلانات العامة غير المشخصنة. بالنسبة للمعلنين، تلك نتائج رائعة.

---

*- يبدو أن تلك النتائج تلمح إلى أني كنت أنشر مزيداً من الأشياء إن لم أكن في غاية القلق من الكيفية التي ستصير إليها الأمور.

طوال ذلك الوقت، وفيما كان الأكاديميون ينشرون أبحاثهم، كان آخرون يطبقون أساليبهم. بينهم كانت، أو هكذا يقول الادعاء، كامبريدج أناليتيكا، خلال عملها لصالح حملة ترامب الانتخابية.

دعنا الآن نراجع ذلك قليلاً. لا شك أن كامبريدج أناليتيكا كانت تستخدم التقنيات ذاتها التي لجأت إليها شركتي الخيالية آل فراي للسياحة الفاخرة. منهجهم كان تحديد المجموعات الصغيرة من الناس، الذين يعتقدون أنهم قابلين للإقناع والاستهداف المباشر، بدلاً من إطلاق إعلانات عامة للجميع. اكتشفوا على سبيل المثال أن هناك مساحة تقاطع واسعة بين من ابتاعوا سيارات فورد موتور Ford Motor أمريكية الصنع، والداعمين للحزب الجمهوري. هكذا انطلقوا حينها باحثين عمن يفضلون فورد لكنهم غير معروفين كمصوتين للجمهوريين، ليروا إن كان بوسعهم التأثير على آرائهم باستخدام إعلانات شديدة الأمريكية تحفز مشاعرهم الوطنية. من ناحية ما، لا يختلف ذلك عن أي مرشح يحدد حيّاً بعينه حافلاً بالمصوتين متأرجحي الرأي، ويمر على بيوته من باب إلى باب لإقناع الأفراد واحداً واحداً. وعلى الإنترنت لا يختلف ذلك عما فعله أوباما وكلينتون في حملاتهما. كل حزب سياسي غربي كبير يستخدم التحليل المكثف والاستهداف الدقيق للناخبين.

لكن، إن كنا سنصدق مقطع الفيديو الذي سجلته أخبار القناة الرابعة Channel Four News، كانت كامبريدج أناليتيكا تستخدم أيضاً الصفات النفسية للناخبين، لتوصل إليهم رسائل سياسية مشحونة عاطفياً. مثلاً، يبحثون عن أمهات دون أزواج ذوات درجات عالية في العصابية، ويستغلون مخاوفهن من التعرض

للهجوم داخل بيوتهن، لإقناعهن بدعم أفكار لوبي تأييد حمل السلاح. استخدمت الإعلانات التجارية بلا شك هذه التقنيات بغزارة، وعلى الأرجح فعلت كذلك حملات سياسية أخرى.

لكن فوق كل ذلك، فإن كامبريدج أناليتيكا متّهمة بصنع إعلانات متنكرة في شكل صحافة. وطبقاً لشهادة أحد كاشفي الحقائق لجريدة الجارديان Guardian، فإن أحد أكثر الإعلانات فعالية إبان الحملة كان رسماً تفاعلياً بعنوان «10 حقائق مزعجة عن مؤسسة كلينتون»[67]. ومضى شاهد آخر أكثر في شهادته مدعياً أن «المقالات» التي زرعتها كامبريدج أناليتيكا، كانت ترتكن في الغالب إلى أكاذيب يمكن كشف زيفها[68].

دعنا نسلّم جدلاً أن كل ذلك صحيح: إن كامبريدج أناليتيكا قدمت قصص أخبارٍ زائفة متلاعبة على فيسبوك للناس بناءً على صفاتهم النفسية. السؤال هو، هل نجح ذلك؟

### تلاعب دقيق

ثمة عدم اتساق في كيفية رؤيتنا لمدى قوة الإعلانات السياسية المستهدفة. نحب أن نفكر في ذواتنا كأصحاب عقول مستقلة منيعة أمام محاولات التلاعب، برغم ذلك نتخيل الآخرين -على الأخص ذوي القناعات السياسية المغايرة- كأشخاص في غاية السذاجة. الحقيقة على الأرجح في مكان ما بالمنتصف.

نحن نعلم أن المنشورات التي نراها على فيسبوك لديها القدرة على تغيير مشاعرنا. أجرى موظفو فيسبوك دراسة مثيرة للجدل في 2013، إذ تلاعبوا بصفحة المنشورات لـ 689,003 مستخدم دون

علمهم (أو موافقتهم) في محاولة للتحكم في مشاعرهم والتأثير على مزاجهم[69]. حجب الباحثون أي منشورات من الأصدقاء تحتوي كلمات إيجابية، ثم كرروا الشيء نفسه بحجب تلك التي تحتوي على كلمات سلبية، وراقبوا لرؤية كيف سيستجيب مواضيع التجربة الغافلون في كلتا الحالتين. المستخدمون الذين رأوا محتوى أقل سلبية في صفحة المنشورات ذهبوا لينشروا بأنفسهم منشورات أكثر إيجابية، في حين كان أولئك الذين تعرضوا لحجب المنشورات الإيجابية ذهبوا لينشروا كلمات أكثر سلبية بنفسهم. الاستنتاج: ربما نحسب أننا منيعين أمام التلاعب بالمشاعر، لكننا في الغالب لسنا كذلك.

ونحن نعلم أيضاً من تجربة إبستاين المذكورة في فصل «في القوة»، أن مجرد ترتيب صفحات نتائج محرك بحث، بوسعه ترجيح كفة مرشح على آخر. ونعلم كذلك من العمل الذي أنجزه الأكاديميون أنفسهم الذين استخدمت كامبريدج أناليتيكا خوارزمياتهم بأهداف جديدة؛ أن الإعلانات التي تستهدف الصفات الشخصية أكثر فعالية.

بوضع ذلك كله معاً، نجد حجة قوية وقد ظهرت تقترح أن استخدام هذه الأساليب يمكن أن يؤثر على كيفية تصويت الناس، مثلما هو يفعل على الطريقة التي ينفقون بها أموالهم. لكن -ما يعقب -«لكن» هذه أمرٌ جلل- ثمة أمر آخر تحتاج لمعرفته قبل أن تحسم رأيك.

كل ما بالأعلى حقيقي، لكن تأثيره الفعلي ضئيل. في تجربة فيسبوك، كان المستخدمون بالفعل أكثر احتمالاً لنشر رسائل

إيجابية إن حُجبت عنهم المحتويات السلبية. لكن الفارق كان أقل من عُشر الواحد بالمئة.

الأمر نفسه في أمثلة الإعلانات المستهدفة، مستحضرات التجميل المُباعة للانطوائيين تنجح أكثر إن أخذت في اعتبارها سمات الفرد، لكن الفارق كان صغيراً جداً. الإعلان العام يحصل على 31 ضغطة من كل ألف يرونه، الإعلان المستهدِف حصل على 35 من كل 1000. حتى رقم 50% الذي اقتبسته في صفحة سابقة، الذي يزين بكل جرأة رأس الورقة الأكاديمية، يشير في الحقيقة لزيادة من 11 ضغطة من كل 16 إلى 1000.

نعم، يمكن أن تنجح تلك الطرق. لكن المعلنين لا يحقنون رسائلهم مباشرة في عقول جماهير خامدة. لسنا بطّاً كسولاً. نحن أكثر نجاحاً في تجاهل الإعلانات أو تفسير البروباغندا بعقولنا مما يودّ الذين يرسلون تلك الإعلانات إلينا أن نكون عليه. في النهاية، حتى في حالة أكثر الحملات الدقيقة المخادعة المستهدفة للصفات، لن يتسرّب للهدف سوى قدر قليل من التأثير.

غير أن هذه الشظايا الصغيرة من المحتمل أن تكون كل ما تحتاجه من التأثير لقلب الموازين في انتخابات ما. فمن بين تعداد سكان يُقدر بعشرات أو مئات الملايين، يمكن لنسبة المتقلبين الواحد من ألف تلك أن تتراكم بسرعة. وعندما تتذكر، بحسب ما أشار إليه جايمي بارتليت Jamie Bartlett في مقالته بمجلة سبيكتاتور Spectator: أنّ ترامب فاز بولاية بنسلفانيا بفارق 44,000 صوت من أصل 6 مليون ناخب، وولاية ويسكونسن بفارق

22,000، وميتشـجان بـ 11,000، ربمـا تكـون عندهـا الهوامـش التـي تقـلّ عـن 1% هـي كل مـا تحتـاج إليـه[70].

الحقيقـة هـي أن مـن المسـتحيل أن نحـدد مـدى تأثيـر كل ذلـك علـى الانتخابـات الرئاسـية الأمريكيـة. حتـى لـو اسـتطعنا الوصـول إلـى كل الحقائـق، لا يمكننـا النظـر إلـى الخلـف عبـر الزمـن وحـل الشـبكة المعقـدة مـن الأسـباب والنتائـج لنصـل بدقـة إلـى سـبب وحيـد للقـرار الانتخابـي لأي فـرد. مـا صـار قـد صـار. مـا يهـم الآن هـو إلـى أيـن نحـن ذاهبـون فـي المسـتقبل.

## قيّمني

مـن المهـم تذكـر أننـا جميعـاً اسـتفدنا مـن ذلك النمـوذج للإنترنت. فـي جميـع أنحـاء العالـم يمتلـك النـاس قابليـة مجانيـة وسـهلة للوصول اللحظـي لشـبكات تواصـل عالميـة وثـروة مـن المعرفـة الإنسـانية علـى بعـد نقـرة إصبـع، ومعلومـات محدثـة لحظـة بلحظـة مـن شـتى أرجـاء الأرض، واسـتخدام غيـر محـدود لتقنيـات وبرامـج مذهلـة، صنعتهـا شـركات خاصـة، ودفـع ثمنهـا المعلنـون. تلـك كانـت الصفقـة التـي عقدناهـا: تكنولوجيـا مجانيـة مقابـل بياناتـك والقـدرة علـى التأثيـر فيـك والتربّـح مـن ورائـك. وهـو أفضـل وأسـوأ مـا فـي الرأسـمالية فـي تبـادل بسـيط واحـد.

ربمـا نقـرّر أننـا سـعداء بتلـك الصفقـة، لا مانـع مـن ذلـك. لكـن إن فعلنـا، مـن المهـم أن نكـون واعيـن بمخاطـر تجميـع البيانـات فـي المقـام الأول. علينـا أن نفكـر إلـى أيـن قـد تـؤدي مجموعـات البيانـات هـذه، مـا يتجـاوز حتـى مسـألتي الخصوصيـة واحتماليـة

تقويض الديموقراطية (وكأنهما لم تكونا في حال سيّئة بما يكفي). ثمة منعطف آخر في حبكة هذه الحكاية الديستوبيّة؛ تطبيق لمجموعات البيانات الغنية المترابطة تلك ينتمي لمسلسل نتفليكس الشهير مرآة سوداء Black Mirror، لكنه موجود في الواقع. يُعرف باسم سيسمي كريديت Sesame Credit، نظام تحصيل نقاط للمواطنين تستخدمه الحكومة الصينية.

تخيل اختزال كل معلومة صغيرة يملكها سمسار بيانات عنك في تقييم واحد، فيه كل شيء؛ تاريخك الائتماني ورقم جوالك وعنوانك، وكل هذه الأشياء العادية. لكن معها سلوكك اليومي أيضاً. منشوراتك على مواقع التواصل الاجتماعي وبيانات استخدامك لبرامج تَشارك الركوب، وحتى سجلات خدمة المواعدة على الإنترنت التي تستخدمها. النتيجة هي تقييم يتراوح بين 350 و950 نقطة.

لا تفصح سيسمي كريديت عن تفاصيل خوارزمها «المعقد» للتقييم. لكن لي ينجيون Li Yingyun، مدير التكنولوجيا في الشركة، شارك أمثلة بعضٍ مما يمكن استنتاجه من نتائجه، في مقابلة مع المؤسسة الإعلامية الصينية Caixin Media. «شخص يلعب ألعاب الفيديو لعشر ساعات يومياً مثلاً، سيُعتبر كسولاً. شخص يشتري الحفاضات باستمرار يُعتبر في الغالب أباً، ما قد يعني أنه على الأرجح لديه حس مسؤولية»[71].

إن كنت صينياً، فذلك التقييم يفرق معك. إن كانت درجتك فوق 600 نقطة، يتسنى لك الحصول على بطاقة ائتمانية خاصة. وإن تجاوزت 666 ستمنح حداً ائتمانياً أعلى. ذوو الدرجات فوق 650

بوسعهم استئجار سيارة دون وديعة، واستخدام ممرّ الأشخاص المهمين في مطار بكين. أي شخص درجته تفوق 750 يستطيع التقديم للحصول على تأشيرة سريعة لأوروبا[72].

الأمر لا يزال ممتعاً كلعبة فيما يظل النظام اختيارياً الآن. لكن عندما يصير نظام تقييم المواطنين إجبارياً في 2020، سيكون على الأشخاص ذوي التقييمات المنخفضة أن يتحملوا التداعيات في كل مناحي حياتهم. وثائق الحكومة نفسها عن النظام تبرز أمثلة من العواقب التي يمكن أن تقع على أي شخص يُعتبر عاصياً: «المنع من عبور الحدود، المنع من شراء... العقارات أو السفر على طائرات للسياحة أو في العطلات، أو البقاء في فنادق عالية التقييم». وتحذر أيضاً من حالة «كسر الثقة في الأمور الهامة» التي تؤدي إلى «إرشاد البنوك التجارية إلى... تحديد القروض المتاحة وبيع التأمين وغيرها من الخدمات المشابهة»[73].

الولاء أمرٌ محمود، أما كسر الثقة فله عقاب. مثلما يصيغ الأمر روجير كريمرز Rogier Creemers، الأكاديمي المتخصص في القانون والحكم الصيني بمؤسسة فان فولينهوفن Van Vol-lenhoven بجامعة ليدن Leiden: «أفضل طريقة لفهم ذلك، هي باعتباره نوعاً من الابن غير الشرعي لمخططات الولاء»[74].

لا أملك الكثير لأطمئنك به بخصوص سيسمي كريديت، لكني لا أرغب أيضاً في إصابتك باليأس الكامل. هناك بصيص أمل في أماكن أخرى. مهما كانت الرحلة تبدو مقبضة، فثمة إشارات إلى أن المسار يتغير ببطء. كثيرون في مجتمع علوم البيانات قد عرفوا بشأن واعترضوا على استغلال معلومات الناس للتربّح منذ

زمن. لكن لم يكن إلا بعد ضجة كامبريدج أناليتيكا أن صار الأمر مثار اهتمام دولي مستدام في الصفحات الأولى. عندما أُثيرت تلك الفضيحة في مطلع 2018، عرفت الجماهير لأول مرة كيف تحصِد الخوارزميات ببطء بياناتهم، واعترفوا أنه بدون إشراف وتنظيم، يمكن أن تصبح لذلك عواقب وخيمة.

والتنظيم قادم. إن كنت تعيش في الاتحاد الأوروبي، فهناك تشريع حديث يدعى (التنظيم العام لحماية البيانات General Data Protection Regulation) أو GDPR، يفترض به أن يجعل الكثير مما يقوم به سماسرة البيانات غير قانوني. نظرياً، لن يعود مسموحاً لهم تخزين بياناتك دون هدف معلن، ولن يكونوا قادرين على استنتاج معلومات عنك دون إذنك، ولن يمكنهم الحصول على إذنك بجمع بياناتك بسبب معين، ثم استخدامها سراً لآخر. لكن هذا لا يعني بالضرورة نهاية هذا النوع من الممارسات. أولاً لأننا لا نلتفت كثيراً للأحكام والشروط عندما نتجول في الإنترنت، فيمكن أن نجد أنفسنا موافقين دون أن ندري. وثانياً لأن تعريف الممارسات غير القانونية وتطبيق اللوائح يظلان أمرين صعبين في عالم تجري فيه عمليات تحليل البيانات ونقلها في الظلال. علينا أن ننتظر ونراقب إلى أين ستؤول الأمور.

الأوربيون هم المحظوظون، لكن هناك من يضغطون لأجل التنظيم في أمريكا أيضاً. لجنة التجارة الفيدرالية Federal Trade Commission نشرت تقريراً يُدين الممارسات الغامضة لسماسرة البيانات في 2014، ومنذ ذلك الحين يضغطون من أجل المزيد من حقوق المستهلك. وضعت أبل «مانعاً ذكياً للتتبع -intel

ligent tracking prevention» في متصفح سافاري Safari، وفعلت فايرفوكس Firefox المثل. فيسبوك يقطع علاقاته بسماسرة بياناته. البرازيل والأرجنتين وكوريا الجنوبية ودول عديدة أخرى مررت تشريعات تشبه GDPR. ربما أوروبا في طليعة السباق، لكن هناك نزوع عالمي لتولي نفس الطريق.

لو كانت البيانات ذهب هذا الزمن، فنحن كنا إذن نعيش في الغرب المتوحش. لكني متفائلة بأن -بالنسبة لكثير منا- الأسوأ سيكون عما قريب قد مرّ.

لكن يظل من الأفضل تذكر أن لا يوجد غداء مجاني. إلى أن يتمكن القانون ويسكّن غبار المعركة بين تربح الشركات والمنفعة العامة، نحتاج لأن نكون حذرين من إغوائنا بشعور زائف بالخصوصية. كلما استخدمنا خوارزماً -خاصة الخوارزميات المجانية- علينا أن نسأل أنفسنا عن الدوافع الخفية. لماذا يمنحني هذا التطبيق كلّ تلك الأشياء مجاناً؟ ما الذي يفعله ذلك الخوارزم فعلاً؟ أهذه صفقة مربحة بالنسبة لي؟ هل سأكون أفضل بدونها؟

ذلك درس ينطبق على ما يتجاوز المملكة الافتراضية، لأن نطاق وصول ذلك النوع من الصفقات يمتد الآن تقريباً لكل أوجه المجتمع. لا تملك البيانات والخوارزميات القدرة على تخمين عاداتنا التسوقية فحسب، بل لديهما أيضاً القدرة على سلب شخص حرّيته.



## في العدالة

ليس من غير المعتاد أن تجد بعض المحتفلين اللطفاء يشربون في شوارع بريكستون مساء يوم أحد صيفي، حيث تبدأ قصتنا التالية. لحيّ بريكستون في جنوب لندن سمعة كمكان جيد لقضاء ليلة بالخارج. في هذا المساء تحديداً، كان هناك مهرجان موسيقي انتهى لتوّه، والمنطقة تحفل بالناس المتخذين طريقهم بمرح إلى بيوتهم، أو يتابعون الاحتفال. لكن عند الساعة 11:30 مساءً تغير المزاج. نشب شجار في أحد المساكن الحكومية المحلية، وعندما فشلت الشرطة في احتواء المشكلة، وصل الشجار بسرعة إلى مركز بريكستون، حيث شارك فيه مئات الشباب.

كان ذلك في أغسطس 2011. الليلة السابقة، في الناحية الأخرى من المدينة، كان ثمة مظاهرة بدأت سلمية، احتجاجاً على إطلاق الشرطة للرصاص على شاب من توتنهام يُدعى مارك دوجان Mark Duggan، ثم تحولت إلى العنف. والآن، لليلة الثانية على التوالي، تنحدر مناطق في المدينة إلى الفوضى، والمناخ هذه المرة كان مختلفاً. ما بدأ كمظاهرة محلية بات الآن تعطّلاً واسع النطاق للقانون والنظام وحالة نهب جماعي.

عندما استحكم الشغب، كان نيكولاس روبنسون Nicholas Robinson، وهو طالب هندسة كهرباء في الثالثة والعشرين من عمره؛ قد قضى نهاية الأسبوع في منزل صديقته، ويتخذ الآن طريقه

إلـى بيتـه عبـر تمشّـيه القصيـر المعتـاد فـي شـوارع بريكسـتون[75].
الشـوارع المألوفـة بـات مـن غيـر الممكـن عمليـاً التعـرف عليهـا.
السـيارات مقلوبـة والنوافـذ محطمـة والحرائـق مشـتعلة، والمتاجـر
علـى طـول الشـارع كانـت مُقتحمـة[76]. كانـت الشـرطة تحـاول يائسـة
تهدئـة الموقـف، لكنهـا عجـزت عـن إيقـاف السـيارات والدراجـات
الناريـة التـي كانـت تقـف أمـام واجهـات المتاجـر المهشـمة وتُحمّـل
بالملابـس والأحذيـة واللابتوبـات والتليفزيونـات المسـروقة. كانـت
بريكسـتون خـارج السـيطرة بالكامـل.

علـى بعـد شـوارع قليلـة مـن متجـر معـدات كهربيـة نُهـب حتـى
النخـاع، كان نيكـولاس روبنسـون يمشـي قبالـة السـوبر ماركت المحلي.
كان حطامـاً مثـل كل المتاجـر الأخـرى تقريبـاً؛ النوافـذ والأبـواب
الزجاجيـة كانـت مهشـمة، والرفـوف تعمهـا الفوضـى نتيجـة للنهـب.
كان المشـاركون فـي الشـغب يركضـون فـي الأنحـاء محتضنيـن أجهـزة
اللابتـوب الجديـدة، دون تدخّـل مـن عناصـر الشـرطة. وسـط كل تلـك
الفوضـى، دخـل نيكـولاس الـذي يشـعر بالعطـش المتجـر، والتقـط
حزمـة مـن زجاجـات الميـاه ثمنهـا 3.50 جنيـه إسـترليني. وكان علـى
وشـك المغـادرة عندمـا دخلـت الشـرطة السـوبر ماركـت. مـن فـوره
أدرك نيكـولاس مـا الـذي فعلـه، وألقـى الحزمـة وحـاول الهـرب[77].

فيمـا اقتـرب ليـل يـوم الإثنيـن، جهـزت البلـد نفسـها لمزيـد
مـن أعمـال الشـغب. وبالفعـل شـهدت تلـك الليلـة احتـلال الناهبيـن
للشـوارع مـن جديـد[78]. بينهـم كان ذو الأعـوام الثمانية عشـر ريتشـارد
جونسـون Richard Johnson. متأثـراً بمـا شـاهده فـي الأخبـار، وضـع
علـى رأسـه قنـاع بالا-كلافـا (غيـر الملائـم لجـو الصيـف بالتأكيـد)

وقفز في سيارته متوجهاً إلى مركز التسوق المحلي. بوجه مخفي، هرع ريتشارد إلى متجر المدينة لألعاب الفيديو، اغتنم ما استطاع من ألعاب الكمبيوتر، وعاد إلى سيارته[79]. لسوء حظ ريتشارد، كان قد ركن سيارته أمام كاميرا المراقبة. استطاعت الشرطة تتبعه بسهولة من رقم سيارته، ووجهوا إليه التهم بسهولة لوجود دليل مُسجّل[80].

تعرض كلٌّ من ريتشارد جونسون ونيكولاس روبنسون للاعتقال نتيجة لأفعالهما في أعمال شغب 2011. اتُهم كلاهما بالسطو، ووقف كل منهما أمام قاض، واعترف كلاهما بالجرم. لكن هنا ينتهي التشابه بين القضيتين.

نيكولاس روبنسون كان أول من نودي إلى المنصة، ليقف أمام القاضي في محكمة كامبرويل ماجيستريتس Camberwell Magistrates بعد أقل من أسبوع من الحادثة. برغم تدني قيمة المياه المعلبة التي سرقها، برغم خلو سجله الجنائي، وكونه طالباً بدوام كامل، وقوله للمحكمة أنه يخجل من نفسه، قال القاضي أنه شارك في مناخ الفوضى وإعاقة القانون في بريكستون تلك الليلة. ولهذا، حُكم على نيكولاس روبنسون بستة أشهر في السجن، وخرجت الشهقات من أسرته وجميع الحضور[81].

وُضعت قضية جونسون بين يدي قاض في يناير 2012. برغم أنه خرج مرتدياً قطعة ملابس مخصصة لإخفاء هويته بنيّة النهب، وبرغم أنه أيضاً لعب دوراً في تعزيز الفوضى العامة، تجاوز جونسون السجن تماماً. حُكم عليه بفترة مع إيقاف التنفيذ، وأُمر بتنفيذ مئتي ساعة من العمل غير المدفوع[82].

## معضلة الاتساق

يعلم النظام القضائي أنه غير كامل، لكنه لا يحاول أن يكون كذلك. الحكم بالإدانة وتعيين العقوبات ليس علماً صارماً، ولا توجد طريقة لدى أي قاض يضمن بها الدقة. لهذا السبب توجد لتعبيرات مثل «شك معقول reasonable doubt» و«أسباب حقيقية substantial grounds»، مكانة محورية في المصطلحات القانونية، ولهذا يُعتبر الاستئناف جزءاً مهماً من العملية. يتقبل النظام أن اليقين المطلق أمر لا يمكن تحقيقه.

مع ذلك، فإن التناقضات في التعامل مع بعض المدعى عليهم -مثل نيكولاس روبنسون وريتشارد جونسون- تبدو غير عادلة. ثمة عوامل كثيرة جداً يجب أن تؤخذ في الاعتبار لقول إن الاختلاف في العقوبة «غير عادل»، لكن في إطار المنطق، أنت تأمل في أن يكون القضاة متّسقين بصورة عامة في الطريقة التي يتخذون بها قراراتهم. إذا ارتكبت أنت وتوأمك المُتخيل جرائم متطابقة مثلاً، ستأمل أن المحكمة ستحكم على كليكما بنفس العقوبة. لكن هل ستفعل؟

في سبعينيات القرن العشرين، حاولت مجموعة من الباحثين الأمريكيين الإجابة على سؤال شبيه[83]. عوضاً عن استخدام مجرمين توائم (وهو أمر صعب عملياً وغير مرحب به أخلاقياً) اختلقوا سلسلة من القضايا وسألوا بشكل مستقل 47 قاضياً بمحكمة مقاطعة ولاية فرجينيا عن كيف سيتعاملون مع كل قضية. إليك مثال من الدراسة لتحاول فيه. ماذا كنت لتفعل مع القضية التالية؟

متّهمة بعمر الثامنة عشرة قُبض عليها بتهمة حيازة الماريجوانا، هي وصديقها وسبعة من معارفها. كان الدليل الموجود هو العثور على كمية كبيرة من الماريجوانا، منها ما دُخّن وما لم يُدخّن بعد، لكن لم يُعثر على أية ماريجوانا معها شخصياً. لم تكن لها أية سابقة جنائية، وكانت طالبة طيبة من بيت ينتمي للطبقة الوسطى، ولم تكن متمردة ولا اعتذرت عن أفعالها.

الاختلاف في الأحكام كان مدهشاً. من بين 47 قاضياً، اعتبرها 29 منهم غير مذنبة، وأدانها 18. من بين من أدانوها، أوصى ثمانية بوضعها تحت المراقبة، وفكر أربعة أن الغرامة هي أفضل حلّ، وثلاثة أقروا بالغرامة والمراقبة معاً، وثلاثة قضاة رجحوا إرسال المتّهمة إلى السجن.

إذن، مع وجود أدلة متماثلة لقضايا متماثلة، بوسع المدعى عليه توقّع الذهاب بلا عواقب أو الإرسال مباشرة إلى السجن، ما يعتمد بالكامل على القاضي الذي وضعه حسنُ حظه (أو سوء حظه) أمامه.

تلك ضربة مؤلمة لأي شخص يأمل في اتساق قاعات المحاكم. لكن الأمر يسوء أكثر. فالقضاة ليسوا فقط غير متفقين فيما بينهم، بل هم أيضاً معرّضون للتناقض مع قرارتهم ذاتها.

في دراسة أحدث، سُئل 81 قاضياً في المملكة المتحدة إن كانوا ليمنحوا إخلاء سبيل بكفالة لعدد من المتّهمين الافتراضيين[84]. كانت لكل قضية افتراضية قصة خلفية مُتخيلة وتاريخ إجرامي مُتخيل مختلفين. وبالضبط مثلما حدث مع نظرائهم في دراسة فيرجينيا، فقد فشل القضاة البريطانيون في الاتفاق بالإجماع

ولـو فـي قضيـة واحـدة مـن 41 قضيـة قُدمـت لهـم[85]. لكـن هـذه المـرة، بيـن 41 قضيـة افتراضيـة قُدمـت لـكل قـاض، كانـت توجـد سـبع تكـرّرت مرتيـن، بأسـماء المتّهميـن وقـد تغيـرت عنـد ظهورهـا الثانـي حتـى لا يحـس القاضـي أن ثمـة تكـرار. تلـك كانـت خدعـة مسـتترة، لكـن فاضحـة. لـم يتمكـن أغلـب القضـاة مـن اتخـاذ نفـس القـرار فـي القضيـة نفسـها عنـد رؤيتهـا للمـرة الثانيـة. المذهـل أن أداء بعـض القضـاة فـي مضاهـاة إجاباتهـم نفسـها لـم يكـن أفضـل حرفيـاً ممـا لـو كانـوا يمنحـون الكفالـة عشـوائياً[86].

وصلـت دراسـات أخـرى عديـدة لنفـس الاسـتنتاج: كلمـا كانـت للقضـاة الحريـة لتقييـم القضايـا بأنفسـهم، سـتكون هنـاك تناقضـات هائلـة. منـحُ القضـاة مسـاحة مـن حريـة التصـرف يعنـي السـماح بوجـود عنصـر الحـظ فـي النظـام.

هنـاك حـلّ بسـيط بالطبـع. الطريقـة السـهلة للتأكـد مـن اتسـاق القضـاة، هـي سـلبهم قدرتهـم علـى التقديـر الحـرّ. إن جـرى التعامـل مـع كل شـخص متّهـم بالجـرم ذاتـه بالطريقـة نفسـها بالضبـط، يمكـن ضمـان الدقـة، علـى الأقـل فيمـا يخـص الكفالـة والأحـكام. وبالفعـل اتخـذت بعـض البلـدان ذلـك الطريـق. ثمـة أنظمـة أحـكام إلزاميـة تعمـل بالفعـل علـى المسـتوى الفيدرالـي مـن الولايـات المتحـدة وأجـزاء مـن أسـتراليا[87]. لكـن لهـذا النـوع مـن الاتسـاق ثمـن، فمـا تجنيـه فـي الدقـة، تخسـره فـي نـوع آخـر مـن الإنصـاف.

للتوضيـح، تخيـل متّهميـن، كلاهمـا متّهـم بالسـرقة مـن سـوبر ماركـت. لأحدهمـا تاريـخ معقـول فـي السـرقة الجنائيـة باختيـاره، والآخـر صـار مؤخـراً بـلا وظيفـة ويعانـي مـن أجـل تغطيـة نفقاتـه، وسـرق لإطعـام أسـرته ويملـؤه النـدم علـى مـا فعـل. بنـزع الحريـة لأخـذ

هـذه العوامل المخففـة فـي الاعتبـار، تعامـل الإرشـادات الصارمـة كلا المتّهميـن بنفـس الجريمـة بالطريقـة ذاتهـا، يعنـي هـذا ضيـاع فرصـة إعـادة التأهيـل لبعـض المجرميـن.

هـذه معضلـة كبيـرة. أيـاً كانـت الطريقـة التـي تؤسـس بهـا لنظـام قضائـك، عليـك أن تصـل إلـى التـوازن الصعـب بيـن السـماح بالعدالـة الفردانيـة والتأكـد مـن تحقيـق الاتسـاق. حاولـت أغلـب الـدول حـلّ هـذه الورطـة بالاتجـاه إلـى نظـام يقبـع فـي مـكان مـا بيـن الإلزاميـة المتطرفـة لقانـون الولايـات المتحـدة الفيدرالـي وآخـر يعتمـد بالكامـل علـى حريـة القضـاة لاتخـاذ القـرارات مثـل ذلـك المسـتخدم فـي اسـكتلندا[88]. علـى مـدى العالـم الغربـي، تميـل إرشـادات إصـدار الأحـكام إلـى إرسـاء حـدّ أقصـى للحكـم (مثلمـا فـي أيرلنـدا) أو حـدّ أدنـى (مثلمـا فـي كنـدا) أو كلاهمـا (مثلمـا فـي إنجلتـرا وويلـز)[89]، وتسـمح للقضـاة بزيـادة الحكـم أو تقليلـه بيـن تلـك الحـدود.

لا يوجـد نظـام كامـل. هنـاك دومـاً تشـويش مـن إجحـاف منافـس، فوضـى مـن ظلـم معاكـس. لكـن وسـط كل ذلـك النـزاع والتعقيـد، لـدى الخـوارزم فرصـة للنجـاح. لأن بوجـود خـوارزم كجـزء مـن العمليـة، يمكـن ضمـان تحقيـق -وبشـكل مدهـش- الاتسـاق والعدالـة الفردانيـة. لا يحتـاج أحـد للاختيـار بينهـم.

### معادلة العدالة

لا تسـتطيع الخوارزميـات الإدانـة. فهـي غيـر قـادرة علـى موازنـة حجـج الدفـاع والادعـاء، أو تحليـل الأدلـة، أو تقريـر إن كان المتّهـم نادمـاً بحـق. فـلا تتوقـع منهـا أن تحـلّ محـل القضـاة فـي أي وقـت

قريب. لكن ما بوسع الخوارزم فعله، مهما كان ذلك يبدو غير قابل للتصديق، هو حساب درجة خطورة إعادة ارتكاب الجريمة. ولأن قرارات كثير من القضاة ترتكز إلى احتمالية عودة الجاني إلى ارتكاب الجريمة، يتضح أن تلك القدرة بالأحرى مفيدة جداً.

البيانات والخوارزميات مستخدمة في النظام القضائي منذ قرابة القرن، أول الأمثلة يعود لأمريكا في عشرينيات القرن السابق. في ذلك الوقت، وفي ظل النظام الأمريكي، كان يُحكم على المجرمين المدانين بالمدة القصوى الأساسية، ثم يصبحون مؤهلين لإطلاق السراح المشروط[*] بعد مرور فترة من الوقت. مُنح عشرات الآلاف من المساجين خروج مبكر على هذا الأساس. أُعيد تأهيل بعضهم بنجاح، ولم يحدث المثل لآخرين. لكن بشكل عام، كانوا جميعاً بمثابة الظروف المثالية لتجربة طبيعية: هل تستطيع التكهن إن كان سجين سينتهك شروط إطلاق سراحه؟

هنا يدخل المشهد إرنست دابليو. بورغس Ernest W. Burgess، عالم اجتماع كندي بجامعة شيكاغو متعطش لصنع التكهنات. كان بورغس نصيراً كبيراً لوضع مقاييس للظواهر الاجتماعية. على مدار مشواره الوظيفي حاول التنبؤ بكل شيء، من تأثيرات التقاعد إلى نجاح العلاقات الزوجية، وفي عام 1928 صار أول شخص ينجح في بناء أداة للتكهن بخطورة السلوك الإجرامي بناءً

*- حقيقة مسلية: إطلاق السراح المشروط 'parole' تأتي من الكلمة الفرنسية 'parole'، والتي تعني (الصوت، الكلمة المنطوقة). يعود أصل استخدامها الحالي إلى القرن السادس عشر، عندما كان يُطلق سراح المساجين إن أعطوا «كلمة» بأنهم لن يعودوا للجريمة: https://www.etymonline.com/word/parole.

على القياسات بدلاً من الحدس.

باستخدام كل أنواع البيانات المتاحة من ثلاثة آلاف نزيل بثلاثة سجون بولاية إلينوي، حدد بورغس 21 عاملاً رأى «أهميتها المحتملة» في تقدير فرصّ مخالفة أحدهم لشروط إطلاق سراحه. تضمنت هذه العوامل نوع الجريمة والشهور التي قضاها في السجن والنوع الاجتماعي للسجين، الذي -بالكياسة التي يتوقعها المرء من عالم اجتماع من أوائل القرن العشرين- قسمه إلى تصنيفات منها «متشرد hobo» و«سكير drunkard» و«لا فائدة منه ne'er do-well» و«فتى مزرعة farm boy» و«مهاجر immi-grant»[90].

أعطى بورغس لكل نزيل درجة بين صفر وواحد لكل من العوامل الواحد والعشرين. الرجال الذين حصلوا على درجات عالية (بين 16 و21) اعتُبروا أقل احتمالية لإعادة ارتكاب الجريمة، من حصلوا على درجات قليلة (أربعة أو أقل) اعتبرهم قابلين لخرق شروط إطلاق السراح.

عندما أُطلق سراح جميع النزلاء في النهاية، وصاروا أحراراً لانتهاك شروط إطلاق السراح إن اختاروا ذلك، كان لدى بورغس فرصة لفحص مدى صحة تكهناته. من هذه التحليلات الأساسية، استطاع أن يكون محقاً لدرجة لافتة للنظر. 98% من أفراد المجموعة منخفضة الخطورة تجاوزوا إطلاق السراح المشروط بنجاح، بينما ثلثا أفراد المجموعة عالية الخطورة لم يتمكنوا من ذلك[91]. اتضح أن حتى النماذج الإحصائية الأولية، بوسعها التنبؤ أفضل من الخبراء.

لكن كان لعمله منتقدوه. تساءل المتابعون المتشككون إلى أي مدى تنطبق هذه العوامل، التي كانت تكهناتها في إطلاق السراح المشروط محل ثقة في وقت ومكان معينين، في أماكن أخرى؟ (وعندهم وجهة نظر وجيهة، لست واثقة إن كان تصنيف «فتى المزرعة» يساعد كثيراً في التكهن بالنكوص recidivism، أي العودة إلى الجريمة بين المجرمين من داخل المدينة المعاصرين). دارسون آخرون انتقدوا بورغس لاستخدامه المعلومات المتوفرة، دون التحقّق من إن كانت ذات صلة[92]. وكانت هناك أيضاً أسئلة تتعلق بالطريقة التي أعطى بها للنزلاء الدرجات: في النهاية طريقته لم تكن أكثر من مجرد آراء مكتوبة في معادلات. برغم ذلك كانت قدرتها على التنبؤ مثيرة للإعجاب بما يكفي، لدرجة أن في عام 1935 وجدت طريقة بورغس لنفسها مكاناً في سجون إلينوي، لمساعدة لجان إطلاق السراح المشروط على اتخاذ قراراتهم[93]. ومع مستهل القرن أصبحت النماذج الرياضية المنحدرة من طريقة بورغس تستخدم في جميع أنحاء العالم[94].

تقدم بالزمن إلى يومنا الحالي، وستجد أحدث الخوارزميات التي تستخدمها المحاكم لتقييم المخاطر، أكثر تعقيداً وتطوراً بكثير من الأدوات البدائية التي صممها بورغس. لا تستخدم فقط في المساعدة مع قرارات إطلاق السراح المشروط، لكن تُعين أيضاً على ملائمة برامج التدخل المناسبة مع كل سجين، ولتقرير من يُمنح اخلاء سبيل بكفالة، ومؤخراً لمساعدة القضاة في إصدارهم للأحكام. المبدأ الأساسي هنا هو نفس الذي كان دوماً: المدخلات هي حقائق عن المتّهم -السن والسجل الجنائي

وجدّية جريمته وما إلى ذلك- والخرج هو توقع درجة الخطورة التي سيكون عليها إن أُطلق سراحه.

إذن، كيف تعمل؟ حسناً، بشكل عام، أفضل الخوارزميات المعاصرة أداءً تستخدم تقنية تُعرف باسم (غابات عشوائية random forests) والتي -في أعماقها- لديها فكرة في غاية البساطة: شجرة القرارات decision tree المتواضعة.

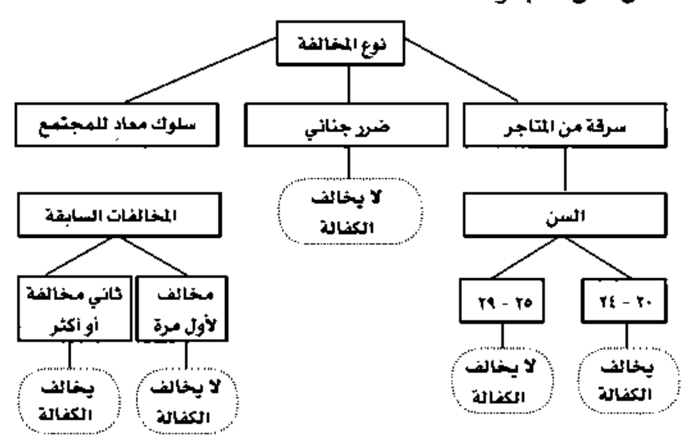
### اسأل الجمهور

ربما تألف ذكر شجرة القرارات من أيام المدرسة. فهي طريقة شائعة لمدرّسي الرياضيات لهيكلة الملاحظات، مثلما عند الاقتراع بإلقاء العملات، أو رمي النرد. ما أن تبني شجرة قرارات، يمكنك استخدامها كمخطط انسيابي flowchart يأخذ عدداً من الظروف ويقيم خطوة بخطوة ما يمكن عمله، أو كما في هذه الحالة، ما سيحدث.

تخيل أنك تحاول تقرير منح الخروج بكفالة لشخص معين. مثلما في إطلاق السراح المشروط، يستند القرار على حسابات مباشرة. الشعور بالذنب ليس له صلة. تحتاج فقط لتوقع: هل سيخرق المتّهم شروط كفالته إن سُمح له بالخروج من السجن؟

للمساعدة في التوقع، لديك بيانات من عدد من المخالفين السابقين، بعضهم هرب أو عاد لارتكاب المخالفات بينما كان خارجاً بكفالة، بعضهم لم يفعل. باستخدام هذه البيانات، بوسعك هيكلة شجرة قرارات بسيطة باليد، مثل تلك التي بالأسفل، مستخدماً سمات كل مجرم لبناء مخطط انسيابي. بوسع شجرة

القرارات بعد بنائها التنبؤ بالكيفية التي قد يتصرف بها المجرم الجديد. اتّبع ببساطة الفروع ذات الصلة طبقاً لسمات المجرم حتى تصل لتكهّنك. تكهنك سيكون صحيحاً طالما ينتمي المجرم لنمط كل من سبقوه.




لكن هنا حيث تبدأ أشجار القرارات من النوع الذي تعلمنا بناءه في المدرسة في التداعي. لأن بالطبع لا يتبع الجميع نمط من سبقوهم. كثير من تكهنات هذه الشجرة وحدها ستكون خاطئة. وليس فقط لأننا نبدأ بمثال بسيط. حتى بقاعدة بيانات هائلة من القضايا السابقة، ومخطط انسيابي معقد هائل ليطابق الحالات، استخدام شجرة واحدة لن يكون أفضل من التخمين العشوائي إلا قليلاً.

ومع ذلك، إن بنيت أكثر من شجرة، يمكن أن يتغير كل شيء. بدلاً من استخدام البيانات كلها مرة واحدة، تُستخدم طريقة فَرِّق تَسُدْ، فيما يُعرف باسم المجموعة ensemble. في البداية تُبنى آلاف الأشجار الأصغر من أقسام فرعية عشوائية من البيانات.

ثم عندما يأتيك متّهم جديد، ببساطة تسأل كل الأشجار لتصوت إن كانت ترى السماح له بالخروج بكفالة فكرة جيدة أم لا. ربما لن تتطابق إجابات الأشجار كلها، وقد تظل كل منها وحدها تُعطي توقعاً ضعيفاً، لكن بمجرد أن تأخذ متوسط كل إجاباتها، فأنت تحسن دقة تكهناتك بشكل كبير.

يشبه الأمر إلى حدّ ما طلب مساعدة الجمهور في برنامج من سيربح المليون؟ إجابة غرفة مليئة بالأغراب أدق على الأرجح من إجابة أذكى شخص تعرفه. (نسبة نجاح طلب مساعدة الجمهور هي 91%، مقارنة بـ 65% نسبة نجاح الاتصال بصديق)[95]. يمكن أن تلغي الأخطاء التي يرتكبها الكثيرون بعضها بعضاً وينتج عنها حشداً أكثر حكمة من الفرد.

ينطبق الأمر ذاته على مجموعة كبيرة من أشجار القرارات، والتي بوضعها معاً تصنع غابة عشوائية. لأن توقعات الخوارزم تعتمد على الأنماط التي تتعلمها من البيانات، يمكن وصف الغابات العشوائية كخوارزم تعلم آلة، ما يأتي تحت المظلة الأوسع للذكاء الاصطناعي. (مصطلح «تعلم الآلة machine learning» ظهر لأول مرة في فصل «في القوة»، وسنقابل الكثير من الخوارزميات تحت نفس القبة لاحقاً، لكن يجدر بنا الآن الإشارة إلى أي مدى يجعلها هذا الوصف تبدو عظيمة، خاصة وأن الخوارزميات في الأساس هي المخططات الانسيابية التي اعتدت رسمها في المدرسة تؤطرها بعض الألعاب الحسابية). أثبتت الغابات العشوائية أنها مفيدة إلى درجة مذهلة في كم كبير من تطبيقات العالم الواقعي. تستخدمها نتفليكس للمساعدة في توقع ما الذي ستحب مشاهدته

بناءً على تفضيلاتك السابقة[96]، وتستخدمها إير بي إن بي Airb-nb في اكتشاف حسابات المحتالين[97]، وفي الرعاية الصحية من أجل تشخيص الأمراض (المزيد عن ذلك في الفصل التالي).

يمكن أن تدعي الخوارزميات، عندما تستخدم لتقييم المجرمين، أفضليتين هائلتين عن نظرائها من البشر. الأولى: سينتج عن الخوارزم دوماً نفس الإجابة عندما تُقدّم لها الظروف نفسها. الاتساق مضمون هنا، لكن ليس على حساب العدالة الفردية. وهناك أفضلية أخرى رئيسية: سيقدم الخوارزم أيضاً توقعات أفضل بكثير.

### الإنسان في مواجهة الآلة

في 2017، عمل فريق من الباحثين على اكتشاف إلى أي مدى تكون توقعات الآلة أفضل مقارنة بقرارات مجموعة من القضاة البشر[98].

لمساعدتهم في مهمتّهم، مُنح الفريق إمكانية الوصول لسجلات كل شخص تعرض للاعتقال في مدينة نيويورك في فترة خمس سنوات بين 2008 و2013. على مدار تلك الفترة، خضع ثلاثة أرباع المليون شخص لجلسات استماع للخروج بكفالة، ما يعني بسهولة بيانات كافية لاختبار الخوارزم في منافسة مباشرة مع قاضٍ إنسان.

خلال هذه الحالات لم يستخدم النظام القضائي النيويوركي خوارزميات. لكن بالنظر بأثر رجعي، تمكن الباحثون من العمل على بناء العديد من أشجار القرارات، لرؤية مدى الجودة التي

بوسـع الواحـدة منهـا توقـع خطـورة كسـر المتّهميـن لشـروط الكفالـة فـي ذلـك الوقـت.

المدخـلات كانـت بيانـات المخالـف: صحيفتـه الجنائيـة والجريمـة التـي ارتكـب ومـا إلـى ذلـك. والمخرجـات كانـت احتماليـة أنـه سيتّجه لمخالفـة شـروط كفالتـه.

فـي البيانـات الحقيقـة، أُخلـي سـبيل 408,283 متّهـم قبـل مثولهـم للمحاكمـة. كان كل منهـم حـراً للهـروب أو لارتـكاب جرائـم أخـرى، مـا يعنـي أن بوسـعنا الاسـتفادة مـن الإدراك المتأخـر لاختبـار مـدى دقـة توقعـات الخـوارزم والبشـر. نعلـم الآن بالضبـط مـن فشـل منهـم فـي الظهـور أمـام المحكمـة لاحقـاً (15.2%)، ومـن قُبـض عليهـم مـن جديـد لارتكابهـم جريمـة أخـرى بينمـا هـم خارجـون بكفالـة (25.8%).

لسـوء حـظ العلـم، كل مـن اعتبرهـم القضـاة ذوي خطـورة عاليـة، رُفـض طلـب خروجهـم بكفالـة فـي ذلـك الوقـت، لـذا لـم تكـن هنـاك فرصـة فـي هـذه القضايـا لإثبـات صحـة أو خطـأ تقييـم القضـاة. مـا يجعـل الأشـياء معقـدة قليـلاً. يعنـي ذلـك أنـه لا توجـد طريقـة للوصـول إلـى رقـم محـدد حقيقـي يعبـر عـن الدقـة الكليـة للقضـاة. ودون «حقيقـة صلبـة» للسـلوك الـذي كان سـيتبعه أولئـك المتّهمـون، لا يمكنـك تحديـد الدقـة الكليـة للخـوارزم أيضـاً. بـدلاً مـن ذلـك، بوسـعك القيـام بتكهنـات علميـة لمـا كان هـؤلاء سـيفعلون إن هُـم أُطلـق سـراحهم[99]، والشـروع فـي مقارناتـك بيـن الإنسـان والآلـة بطريقـة غيـر مباشـرة نسـبياً.

شـيء واحـد أكيـد هنـا: لـم تتّفق تكهنـات القضـاة والآلـة. أظهـرت الأبحـاث أن كثيـراً مـن المتّهميـن الذيـن عدّهـم الخـوارزم أشـراراً

للغاية عاملهم القضاة كمنخفضي الخطورة. في الواقع نصف من عدّهم الخوارزم من المجموعة الأكثر خطورة أخلى القضاة سبيلهم بكفالة.

لكن أيهما كان على حق؟ أظهرت البيانات أن المجموعة التي قلق الخوارزم بشأنها مثلوا بالتأكيد خطراً. فشل أكثر من 56% منهم في المثول أمام المحكمة، وارتكب 62.7% منهم جرائم جديدة بينما هم أحرار بكفالة، بما فيها أسوأ الجرائم على الإطلاق: الاغتصاب والقتل. لقد رأى الخوارزم ما هو على وشك الحدوث.

حجة الباحثين كانت: أياً كانت الطريقة التي تستخدم الخوارزم بها، فهو يتفوق على أداء القاضي الإنسان بفرق شاسع. كما أن الأرقام قد دعمتّهم. إن أردت تقليل عدد من تحتجزهم من الناس بانتظار المحاكمة، يمكن أن يساعد الخوارزم بإيداع عدد أقل من المتّهمين بنسبة 41.8% في السجن، فيما يظل معدل الجريمة كما هو. أو إن كنت سعيداً بنسبة من يخرجون بكفالة حالية، فلا بأس أيضاً. بمجرد كونه أدق في اختياره للمتّهمين المُخلى سبيلهم، يستطيع الخوارزم تقليل تجنّب المحاكمة بنسبة 24.7%.

هذه المنافع ليست فقط نظرية. ولاية رود آيلاند الأمريكية، حيث تستخدِم المحاكم هذا النوع من الخوارزميات منذ ثمانية أعوام، حققت انخفاضاً في تعداد سكان السجون بنسبة 17%، وفي النكوص بنسبة 6%. هذا يعني مئات من المخالفين منخفضي الخطورة غير عالقين في السجن بلا ضرورة، مئات الجرائم التي لم تُرتكب. بالإضافة إلى، خاصة مع معرفة أن التحفظ على مسجون

لسنة في المملكة المتحدة يُكلف 30,000 جنيه استرليني)[100] بينما يكلف قضاء عام في سجن شديد الحراسة بالولايات المتحدة نفس تكلفة الذهاب إلى جامعة هارفارد)[101]؛ توفير مئات الآلاف من أموال دافعي الضرائب. هذا موقف مفيد للجميع.

أليس كذلك؟

**البحث عن دارث فيدر**

بالطبع لا يوجد خوارزم بوسعه التنبؤ بالكامل بما سيفعله أي شخص في المستقبل. الفرد البشري أكثر اندفاعاً وفوضوية وأقل عقلانية من قدرة أي توقع على التأكد مما سيحدث بعد ذلك. ربما بوسع الخوارزميات التكهن بشكل أفضل، لكنها أيضاً ترتكب أخطاء. السؤال هو، ما الذي يحدث لكل ما الذي يحدث للناس الذين تكون تقييمات خطورتهم خاطئة؟

ثمة نوعان من الأخطاء التي يرتكبها الخوارزم. ريتشارد بيرك Richard Berk، مدرس علم الجريمة والإحصائيات بجامعة بنسلفانيا، ورائد في مجال التنبؤ بالنكوص، لديه طريقة جديرة بالذكر لوصفها.

قال لي «هناك أشخاص طيبون وأشخاص سيئون. يسأل الخوارزم بشكل فعال: أيهم دارث فيدر وأيهم لوك سكاي-ووكر[*]؟».

السماح لدارث فيدر بالخروج حراً هو نوع من الأخطاء يعرف

*- دارث فيدر Darth Vader هو الشرير الأشهر في سلسلة أفلام حرب النجوم Star Wars، ولوك سكاي-ووكر Luke Skywalker هو البطل الطيب الأشهر في نفس السلسلة. [المترجم].

بالخطأ السلبي false negative. يحدث عندما تفشل في التعرف على الخطورة التي يمثلها فرد.

في المقابل، احتجاز لوك سكاي-ووكر يعتبر خطأ إيجابياً false positive. يحدث هذا عندما يعتبر الخوارزم مخطئاً أن أحدهم يشكل خطورة عالية.

هذان النوعان من الأخطاء، الإيجابي والسلبي، ليسا محصورين في النكوص. سنراهما باستمرار في هذا الكتاب. أي خوارزم يهدف للتصنيف يمكن أن يرتكب هذين الخطأين.

تدّعي خوارزميات بيرك أنها قادرة على توقع إن كان شخص سيرتكب جريمة قتل بدقة 75%، ما يجعلها من أكثر الخوارزميات الموجودة دقة[102]. عندما تفكّر إلى أي مدى نعتبر إرادتنا حرة، فهذا مستوى مذهل من الدقة. لكن حتى مع 75%، فإن الكثير من لوك سكاي-ووكر ستُرفض طلباتهم للكفالة لأنهم يشبهون دارث فيدر من الخارج.

عواقب إساءة تصنيف المتّهم تصبح أكثر جدية عندما يُستخدم الخوارزم أيضاً في وضع الأحكام، وليس فقط في تقرير الخروج بكفالة أو إطلاق السراح المشروط. إليك واقع معاصر: بدأت بعض الولايات الأمريكية مؤخراً بالسماح للقضاة برؤية الدرجة المحسوبة لخطورة متّهم مدان بينما يقرر مدة سجنه. وهو تطور أثار جدلاً حاداً، وليس بدون سبب: أن تُحسب درجة خطورة خروج أحدهم مبكراً هو شيء، وأن تقرِّر طول المدة التي يجب حبسه فيها في المقام الأول شيء مختلف تماماً.

جزء من المشكلة هو أن تقرير طول مدة العقوبة يتضمن ما

هـو أكثـر مـن المخاطـرة بإعـادة ارتـكاب المخالـف للمخالفـة فقـط، وهـو كل مـا يسـع الخـوارزم المسـاعدة بـه. علـى القاضـي أيضـاً أن يأخـذ فـي حسـابه الخطـر الـذي يمثلـه المجـرم علـى الآخريـن، والتأثيـر الـرادع الـذي سـيؤدي إليـه قـرار الحكـم علـى المجرميـن الآخريـن، ومسـألة القصـاص بالنسـبة للضحيـة، وفرصـة إعـادة تأهيـل المخالـف. يوجـد الكثيـر ممـا يجـب وضعـه فـي الاعتبـار، لـذا ليـس مـن العجيـب أن هنـاك مـن يعترضـون علـى منـح الخـوارزم كل هـذا الثقـل فـي اتخـاذ القـرار. لا عجـب أن النـاس يـرون فـي الحكايات، مثـل تلك التـي حدثـت مـع بـول زيلـي Paul Zilly، مصـدراً للاضطـراب العميـق[103].

أُديـن زيلـي بسـرقة آلـة جـزّ عشـب. مثُـل أمـام القاضـي بابلـر Babler فـي مقاطعـة بـارون بولايـة ويسكونسـن الأمريكيـة فـي فبرايـر 2013، وهـو يعلـم أن فريقـه الدفاعـي قـد عقـد بالفعـل صفقـة التمـاس مـع الادعـاء. اتفـق الطرفـان أن فـي حالتـه فتـرة السـجن الطويلـة ليسـت أفضـل شـيء. وصـل متوقعـاً أن القاضـي سـيصادق ببسـاطة علـى الاتفـاق.

لسـوء حـظ زيلـي، كان قضـاة ويسكونسـن يسـتخدمون خوارزمـاً خاصـاً لتقييـم المخاطـر يُدعـى كومبـاس COMPAS. مثلمـا فـي حالـة أداة الميزانيـة في إيداهـو فـي فصـل «فـي القـوة»، كيفيـة عمـل كومبـاس تُعتبـر سـرّاً تجاريـاً. لكـن علـى عكـس أداة الميزانيـة، كـود كومبـاس لا يـزال محجوبـاً عـن العامـة. مـا نعرفـه أن الحسـابات تسـتند إلـى الإجابـات التـي يقدمهـا المدعـى عليـه لاسـتبيان. مـا يتضمـن أسـئلة مثـل: «للشـخص الجائـع حـق فـي السـرقة. موافـق أم غيـر

موافق؟»، و «إذا كنتَ قد عشتَ مع كلا والديك، ثم انفصلا، كم كان عمرك حينها؟»[104]. صُمم الخوارزم بهدف وحيد، وهو التكهن بمدى احتمال أن يعود المخالف لارتكاب جريمته خلال عامين، وحقق في هذه المهمة درجة دقة حوالي 70%[105]. ما يعني أنه يخطئ مع واحد من بين كل ثلاثة متّهمين تقريباً. برغم ذلك، كان يستخدمه القضاة خلال إصدارهم للأحكام. تقييم زيلي لم يكن جيداً، عدّه الخوارزم عالي الخطورة فيما يخص ارتكاب جرائم عنف في المستقبل ومتوسط الخطورة فيما يخص النكوص. قال القاضي بابلر في المحكمة «عندما أنظر لتقييم الخطورة، أجده في أسوأ شكل ممكن».

بعد رؤية درجة تقييم زيلي، وضع القاضي ثقة في الخوارزم أكثر مما فعل في الاتفاق بين الادعاء والمُدعى عليه، ورفض صفقة الالتماس، وضاعف عقوبة زيلي من سنة في سجن المقاطعة إلى سنتين في سجن الولاية.

يستحيل التحقق فعلاً إن كان زيلي قد استحق التقييم عالي الخطورة، رغم أن نسبة دقة 70% تبدو أقل بشكل ملحوظ لتبرّر استخدام الخوارزم لتجاوز باقي العوامل.

نُشر عن قضية زيلي على نطاق واسع، لكنها ليست المثال الوحيد. في 2003، كريستوفر درو بروكس Christopher Drew Brooks، رجل في التاسعة عشرة من عمره، مارس الجنس بالتراضي مع فتاة في الرابعة عشرة من عمرها، وأُدين بالاغتصاب القانوني في محكمة فيرجينيا. في البداية اقترحت إرشادات إصدار الحكم مدة سجن ما بين 7 أشهر و16 شهراً. لكن بعد تعديل التوصية لتتضمن تقييم

خطورته (ليس بواسطة كومباس في هذه القضية)، ارتفع الحد الأعلى إلى 24 شهراً. بأخذ هذا في الاعتبار، حكم عليه القاضي بقضاء ثمانية عشر شهراً في السجن[106].

هنا تكمن المشكلة. هذا الخوارزم بالذات استخدم السنّ كعامل في حسابه لاحتمالية النكوص. الإدانة بمخالفة جنسية في ذلك السن الصغير حُسبت ضد بروكس، برغم أن ذلك يعني أنه أقرب في السن للضحية. في الواقع، إن كان عمر بروكس 36 سنة (وسيكون حينها أكبر من الفتاة بـ 22 سنة) كان الخوارزم سينصح بعدم إرساله للسجن على الإطلاق[107].

هذه ليست أول الأمثلة عن أناس يثقون في مخرجات الكمبيوتر أكثر من حكمهم الخاص، ولن تكون الأخيرة. السؤال هو: ما الذي يسعُنا فعله بهذا الخصوص؟ للمحكمة العليا في ويسكونسن توصياتها. أعلنت المحكمة، متحدثة بالأخص عن مخاطر اعتماد القضاة أكثر من اللازم على خوارزم كومباس: «نتوقع من المحاكم المتنقلة أن تمارس حرية التصرف عند تقييم درجات كومباس لحساب الخطورة فيما يتعلق بكل متّهم على حدة»[108]. لكن ريتشارد بيرك يقترح أن هذا ربما يكون تفاؤلاً: «المحاكم تقلق بشأن عدم ارتكاب الأخطاء، خاصة القضاة الذين يعيّنهم العامة. الخوارزم يوفر لهم وسيلة للعمل بقدر أقل دون تحمل مسؤولية»[109].

ثمة مشكلة أخرى هنا. إن صنّف الخوارزم أحدهم عالي الخطورة وحرمه القاضي من حريته نتيجة لذلك، لا توجد طريقة للتيقّن إن كان الخوارزم قد رأى مستقبلهم بدقة. خذ عندك زيلي، ربما كان سيمضي ليصبح عنيفاً، وربما ما كان ليفعل. ربما

تصنيفه كمدان عالي الخطورة وإرساله لسجن الولاية وضعه على طريق مختلف من ذلك الذي كان عليه مع صفقة الالتماس. دون طريقة لتأكيد تكهنات الخوارزم، لا طريقة لدينا لمعرفة إن كان القاضي محقاً عندما صدّق درجة الخطورة، لا طريقة للتأكد إن كان زيلي في الحقيقة فيدر أم سكاي-ووكر.

هذه مشكلة دون حلّ سهل. كيف تُقنع الناس ببذل مجهود صحي في التفكير المنطقي عندما يتعلق الأمر بالخوارزميات؟ لكن حتى إن استطعت، فهناك مشكلة أخرى بخصوص التكهن بالنكوص. وربما هي الأكثر إثارة للخلاف على الإطلاق.

### انحياز الآلة

في 2016، منصة الأخبار المستقلة برو-بابليكا ProPublica على الإنترنت، التي كانت أول من نشر قصة زيلي، فحصت بالتفصيل خوارزم كومباس، وطبقت الهندسة العكسية على توقعاته بخصوص مستقبل أكثر من 70 ألف مخالف حقيقي في فلوريدا[110]، في قضايا تعود إلى الأعوام 2013 أو 2014. أراد الباحثون فحص دقة تقييمات كومباس عبر بحث من عاد في الواقع لارتكاب المخالفات من جديد. غير أنهم أرادوا أيضاً بحث إن كانت هناك أية اختلافات في توقع خطورة المتّهمين بين البيض والسود.

رغم أن الخوارزم لا يتضمن العرق بين عوامله بشكل صريح، إلا أن الصحافيين اكتشفوا أن الحسابات لا تعامل الجميع سواسية. رغم أن فرص ارتكاب الخوارزم لأخطاء كانت نفسها بالنسبة

للمتّهمين البيض والسود بشكل عام، إلا أنه كان يرتكب أنواع أخطاء مختلفة لكل جماعة عرقية.

إن كنت أحد المتّهمين الذين لم يسببوا مشاكل مرة أخرى بعد الاعتقال الأول، أي لوك سكاي-ووكر، فاحتمال أن يصنفك الخوارزم عالي الخطورة بالخطأ أعلى مرتين على الأرجح إن كنت أسود من إن كنت أبيض. أخطاء الخوارزم الإيجابية كانت سوداً بشكل غير متناسب. والعكس صحيح، من بين كل المتّهمين الذين مضوا لارتكاب جرائم أخرى خلال عامين، الدارث فيدريين، احتمال أن يصنف الخوارزم المدانين البيض بالخطأ كمنخفضي الخطورة أعلى مرتين على الأرجح من إن كانوا من السود. أخطاء الخوارزم السلبية كانت بيضاً بشكل غير متناسب.

الغضب الذي أثارته تحليلات برو-بابليكا في الولايات المتحدة وغيرها لم يكن مفاجئاً. كُتبت مئات المقالات للتعبير عن الاستهجان العميق لاستخدام الحسابات المجردة من الإحساس في العدالة الإنسانية، مندّدة باستخدام الخوارزميات غير الكاملة المنحازة في قرارات لها مثل ذلك التأثير الهائل على مستقبل الأشخاص. يصعب الاختلاف مع كثير من الانتقادات، الكل يستحق معاملة عادلة ومتساوية، بغض النظر عمن يقيّم قضيتهم، ودراسة برو-بابليكا لا تجعل الخوارزم يظهر بمظهر جيد.

لكن لنكن واعين للحظة نزوعنا لإلقاء «الخوارزميات غير الكاملة» بعيداً. قبل أن نهجر استخدام الخوارزميات في نظام العدالة بالكامل، يجدر بنا السؤال: ما هو الشكل الذي نتوقع أن يكون عليه الخوارزم غير المنحاز؟

بالتأكيد سترغب في أن تكون تكهناته بنفس الدقة للمتّهمين البيض والسود. ومن المنطقي أيضاً أن المطالبة بأن ما يُعتبر عالي الخطورة يجب أن يكون الشيء نفسه بالنسبة للجميع. يجب أن يكون الخوارزم بنفس الجودة في انتقاء المتّهمين ذوي الأرجحية العالية للعودة إلى المخالفة، أياً كانت المجموعة العرقية (أو غيرها) التي ينتمون إليها. بالإضافة إلى أن، مثلما أشارت برو-بابليكا، على الخوارزم أن يرتكب نفس نوع الأخطاء بنفس المعدل للجميع، بغضّ النظر عن العرق.

لا تبدو أيّ من هذه النقاط الأربع كطموح هائل. لكن هناك برغم ذلك مشكلة. لسوء الحظ، بعض أنواع العدالة غير متوافقة حسابياً مع غيرها.

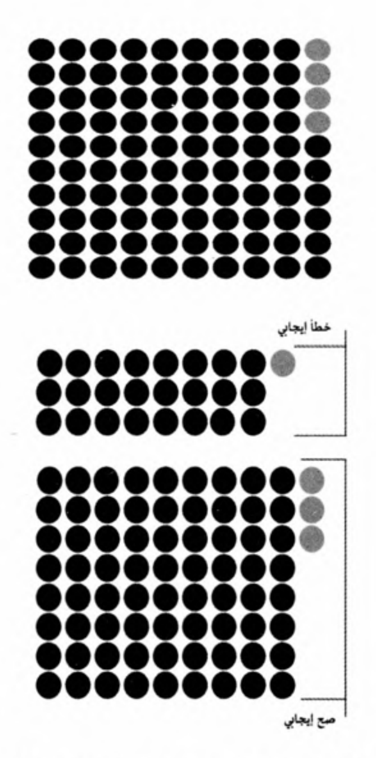
دعني أشرح ذلك؛ تخيّل إيقاف الأشخاص في الشارع واستخدام خوارزم للتكهن إن كان أي منهم سيذهب لارتكاب جريمة قتل. بما أن أغلب جرائم القتل يرتكبها رجال (في الواقع 96% من القتلة في جميع أنحاء العالم رجال)[111]، لو كان الخوارزم الباحث عن القتلة دقيق التوقع، فهو بالضرورة سيختار ذوي الخطورة العالية من الرجال أكثر من النساء.

لنفترض أن الخوارزم كاشف القتلة لديه نسبة تكهن 75%. ما يعني أن ثلاثة أرباع الناس الذين سيعتبرهم الخوارزم مرتفعي الخطورة هم في الحقيقة دارث فيدرين.

في النهاية، بعد إيقاف عدد كاف من الغرباء، سيكون الخوارزم قد صنف مئة شخص كقتلة محتملين. وبمطابقة ذلك مع إحصائيات الجناة، 96 من المئة سيكونون بالضرورة ذكوراً،

وأربعة من المئة إناثاً. الصورة التالية توضح ذلك. يُمثّل الرجال بدوائر مظلمة، وتُمثّل النساء بدوائر رمادية فاتحة.

الآن، بما أن الخوارزم يتنبأ بنسبة الدقة ذاتها (75%) لكلّ من الرجال والنساء، ربع النساء وربع الرجال هم في الحقيقة لوك سكاي-ووكر: أشخاص اعتُبروا بالخطأ مرتفعي الخطورة، بينما هم في الحقيقة لا يشكلون أي خطر.




ما أن تُفحص الأرقام، مثلما يمكنك أن ترى في الصورة الثانية هنا، سيتعرض رجال أبرياء أكثر من النساء الأبرياء للاتهام خطأً، فقط بفضل حقيقة أن الرجال يرتكبون جرائم القتل أكثر من النساء.

لا شيء من هذا يتعلق بالجريمة ذاتها، أو بالخوارزم، إنما هي حتمية رياضية. الناتج منحاز لأن الواقع منحاز. يرتكب رجال أكثر جرائم القتل، لذا سيُتّهم رجال أكثر خطأً بكونهم قتلة محتملين[*].

ما لم يكن معدل الناس الذين يرتكبون الجرائم هو نفسه بين كل مجموعة من المتّهمين، من المستحيل حسابياً إنشاء اختبار ذي دقة تكهن واحدة للجميع ويرتكب الزلّات الإيجابية الخاطئة والسلبية الخاطئة بنفس الدرجة لكل مجموعة من المتّهمين.

تعرّض الإفريقيون الأمريكيون بالطبع لقرون من التعصب والإجحاف الشنيع. لهذا، يستمرون في الظهور بشكل غير متناسب في قاع المستويات الاجتماعية الاقتصادية وفي أعلى مستويات الاحصائيات الإجرامية. هناك أيضاً دليل على أن -على الأقل بالنسبة لبعض الجرائم في الولايات المتحدة- الشرطة تستهدف السكان السود بشكل غير متناسب. تعاطي الماريجوانا مثلاً يحدث بين البيض والسود بنفس المعدل، برغم ذلك معدل اعتقال الإفريقيين الأمريكيين يمكن أن يكون أعلى بثمان مرات[112]. أياً كان سبب التفاوت، فالنتيجة الحزينة هي أن معدلات الاعتقال ليست نفسها بين المجموعات العرقية في الولايات المتحدة. يتعرض السود للاعتقال مجدداً أكثر من البيض. لا يحكم عليهم الخوارزم من لون بشرتهم، لكن من عواقب المجتمع الأمريكي ذي التاريخ المتأصل من اختلال التوازن التي يسهل تخمينها. إلى

*- يمكن حدوث نتائج شبيهة حتى لو تستخدم الجنس عاملاً صريحاً في الخوارزم. طالما تكهناتك مبنية على عوامل مرتبطة بمجموعة بعينها دون أخرى (مثل تاريخ المتّهم في جرائم العنف) هذا النوع من الظلم يمكن أن يظهر.

أن تتعرض المجموعات كلها للاعتقال بنفس المعدل، يبقى هذا النوع من الانحياز حتمية رياضية.

لا يعني هذا صرف النظر بالكامل عن رؤية برو-بابليكا، فتحليلهم يسلط الضوء على كيف يمكن للخوارزم أن يُديم لامساواة الماضي بسهولة. وليس هذا بعذر لخوارزم كومباس. إن أي شركة تتربّح من تحليل بيانات الناس عليها مسؤولية أخلاقية (إن لم تكن مسؤولية قانونية حتى الآن) أن تعترف بسقطاتها وزلاتها. بدلاً من ذلك، شركة إيكويفانت Equivant (شركة نورثبوينت Northpointe سابقاً)، الشركة التي صنعت كومباس، تستمر في المحافظة على دواخل خوارزمها سراً تحت الحراسة، للحفاظ على حقوق الملكية الفكرية للشركة[113].

توجد خيارات هنا. لا يوجد في أساس هذه الخوارزميات ما يحتم عليها تكرار انحيازات الماضي. يرجع الأمر في النهاية للبيانات التي تغذيها بها. بوسعنا اختيار أن نكون «تجريبيون تماماً» (مثلما يصف ريتشارد بيرك الأمر) ونتبع الأرقام الموجودة بالفعل، أو بوسعنا أن نقرر أن الوضع الراهن مجحف، ونعدل الأرقام وفقاً لذلك.

على سبيل التشبيه المناسب، جرب كتابة «بروفيسور رياضيات» في بحث الصور على غوغل. ربما لن يكون من المفاجئ أنك ستجد الأغلبية العظمى من الصور تُظهر رجالاً بيضاً في منتصف العمر يقفون أمام سبورة مغطاة بالطباشير. عاد بحثي بصورة لأنثى واحدة فقط في أول عشرين صورة، ما يعكس الواقع الحزين بدقة: حوالي 94% من مُدرسي الرياضيات الجامعيين ذكور[114]. لكن مهما كانت درجة دقة النتائج، بوسعك القول إن

استخدام الخوارزميات كمرآة تعكس العالم الحقيقي ليس أمراً مفيداً على الدوام، خاصة وأن المرآة تعكس واقعاً حاضراً موجوداً فقط بسبب قرون من الانحياز. الآن، يستطيع غوغل إن اختار ذلك، أن يعدل خوارزمه بهدوء ليعطي أولوية لصور المدرسات الإناث أو غير البيض فوق البقية، لتصحيح شيء من اختلال التوازن، وعكس صورة المجتمع الذي نهدف إليه بدلاً من الذي نعيش فيه.

الأمر نفسه في نظام العدالة. استخدام خوارزم يجعلنا نتساءل على نحو فعال: أية نسبة مئوية من مجموعة بعينها نتوقع كونها عالية الخطورة في مجتمع عادل؟ يعطينا الخوارزم خيار القفز مباشرة للرقم. أو، إن قررنا أن إزالة كل الانحياز من نظامنا القضائي مرة واحدة ليس ملائماً، بوسعنا بدلاً من ذلك الطلب من الخوارزم أن يتحرك بالتدريج تجاه ذلك الهدف مع الوقت.

ثمة خيارات أيضاً بخصوص كيفية معاملة المتّهمين ذوي درجة الخطورة المرتفعة. في تقييم الكفالة، إذ أنّ خطورة أن المتّهم قد يفشل في المثول أمام المحكمة في المستقبل عامل محوري في توقعات الخوارزم، النهج التقليدي هو رفض طلب الخروج بكفالة لأي شخص ذي درجة خطورة عالية. لكن الخوارزم يقدِر أيضاً على تقديم فرصة لإيجاد سبب تخلف أحدهم عن موعد المحاكمة. هل لديهم قابلية استخدام لوسيلة مواصلات مناسبة للوصول إلى هناك؟ هل لديهم مشاكل بخصوص رعاية الأطفال قد تمنعهم من الحضور؟ أهناك اختلالات مجتمعية يمكن برمجة الخوارزم لتخفيفها عوضاً عن مفاقمتها؟

الإجابة عن هذه الأسئلة يجب أن تأتي من منتديات المناظرات العلنية المفتوحة، ومن ردهات الحكومات، لا من مجالس إدارات الشركات الخاصة. ولحسن الحظ، فإن الأصوات المطالبة بهيئة خوارزمية تنظيمية للتحكم في المجال تعلو. بالضبط مثلما تفعل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية للأدوية، ستختبر الدقة والاتساق والانحياز خلف أبواب مغلقة، وستكون لها السلطة في الموافقة على أو رفض استخدام منتج على أشخاص حقيقيين. لكن إلى ذلك الحين، من المهم أن تستمر منظمات مثل برو-بابليكا في محاسبة الخوارزميات. طالما لم تنتهِ الاتهامات بالانحياز إلى الدعوة إلى منع الخوارزميات بالكامل، على الأقل دون التفكير ملياً فيما سيبقى معنا بعدها إن حدث ذلك.

## قرارات صعبة

تلك نقطة ذات درجة من الأهمية البالغة تفرض علينا تناولها. إن ألقينا الخوارزميات بعيداً، أي نوع من أنظمة العدالة سيبقى معنا؟ لأن انعدام الاتساق لم يكن الخلل الوحيد الذي يبدو أن القضاة يعانون منه.

قانوناً، لا يجب أن يؤثر على قرار القاضي العرق أو الجنس أو الطبقة الاجتماعية (في النهاية يفترض بالعدالة أن تكون عمياء). برغم ذلك، وبينما ترغب الأغلبية العظمى من القضاة في أن يكونوا محايدين بقدر الإمكان، أظهرت الأدلة مراراً أنهم ينحازون بالفعل. وضحت الدراسات من الولايات المتحدة أن المتّهمين السود في المتوسط، يذهبون إلى السجن لفترات أطول[115]، وأقل

عرضة للخروج بكفالة[116]، وأكثر عرضة للحكم بالإعدام[117]، وما أن يكونوا في عنبر المحكوم عليهم بالموت، أكثر عرضة لتنفيذ الحكم[118]. دراسات أخرى أظهرت أن الرجال يتلقون معاملة أقسى من النساء للجرائم نفسها[119]، والمتّهمين ذوي الدخل المنخفض والتعليم المحدود ينالون أحكاماً أطول بشكل ملحوظ[120].

كما هو الحال مع الخوارزم، لا يوجد بالضرورة تحامل صريح يسبب تلك النتائج المنحازة، إنما هو التاريخ يعيد نفسه. الانحيازات المجتمعية والثقافية يمكن أن تتبع ببساطة كعواقب تلقائية للطريقة التي يتخذ بها البشر القرارات.

لفهم السبب، نحتاج في البداية لفهم أشياء بسيطة قليلة عن البديهة البشرية، لذا دعنا نترك قاعات المحاكم جانباً لوهلة فيما نفكر في هذا السؤال:

ثمن المضرب والكرة معاً 1.10 جنيه
ثمن المضرب أكثر من ثمن الكرة بجنيه
فما هو ثمن الكرة؟

هذا اللغز الذي وضعه الاقتصادي الفائز بجائز نوبل وعالم النفس دانيال كانيمان Daniel Kahneman في كتابه الأكثر مبيعاً (التفكير: السريع والبطيء)[121]، يوضح خدعة مهمة نقع فيها جميعاً عندما نفكر.

لهذا السؤال إجابة صحيحة يسهل الوصول إليها مع التفكير، لكن له أيضاً إجابة خاطئة تقفز إلى المخ فوراً. الإجابة التي فكرت فيها أولاً بالطبع هي 10 قروش(*).

لا تشعر بالسوء إن لم تصل إلى الإجابة الصحيحة (5 قروش)، 71.8% من القضاة لم يفعلوا أيضاً عندما سُئلوا[122]. حتى من

*- إن كان ثمن الكرة 10 قروش، يعني هذا أن ثمن المضرب 1.10 جنيه، ما يجعل المجموع 1.20 جنيه.

استقروا في النهاية على الإجابة الصحيحة، كانوا مضطرين لمقاومة دافع داخلي للثبات على إجابتهم الحدسية.

تلك المنافسة بين الحدس البديهي والتفكير المتمهل هي مفتاح حكايتنا عن قرارات القضاة. يتفق علماء النفس بشكل عام أن لدينا طريقتين للتفكير. النظام الأول تلقائي غريزي لكنه معرض للخطأ (هذا النظام هو المسؤول عن قفز إجابة العشر قروش إلى رأسك في اللغز السابق). والنظام الثاني بطيء تحليلي متعمق، لكنه غالباً كسول[123].

إن سألت أي شخص عن كيف اتخذ قراراً، فالنظام الثاني هو من سيصيغ الإجابة. لكنه، بكلمات دانيال كانيمان، «كثيراً ما يؤيد أو يبرر الأفكار والمشاعر التي أنتجها النظام الأول»[124].

في هذا لا يختلف القضاة عن بقيتنا. في النهاية هم بشر، عرضة لنفس الأهواء ومواطن الضعف مثلنا جميعاً. في الحقيقة عقولنا لم تُبنَ من أجل التقييم الصلب العقلاني للمسائل الكبيرة المعقدة. لا نستطيع أن نزن بسهولة العوامل المتنوعة في قضية وجمع كل شيء معاً بطريقة منطقية، فيما نمنع النظام الأول الغريزي من التدخل واتخاذ بعض الطرق المعرفية المختصرة.

عندما يتعلق الأمر بالكفالة، ربما تأمل أن القضاة قادرين على النظر للقضية كلها بالكامل، موازنين بعناية بين الإيجابيات والسلبيات كلها قبل الوصول إلى قرار. لكن لسوء الحظ تشير الأدلة إلى العكس. بدلاً من ذلك، أظهر علماء النفس أن القضاة لا يقومون بأي فعل استراتيجي غير المرور على عدة نقاط مرتبة في قائمة من مؤشرات الخطورة في عقولهم. إن حفزت قصة

المتّهم أياً من تلك المؤشرات (إدانات سابقة أو علاقات مجتمعية أو طلب الادعاء)، سيتوقف القاضي ويرفض طلب الكفالة[125].

المشكلة هي أن كثيراً من تلك المؤشرات مرتبطة بالعرق والجنس والمستوى التعليمي. لا يستطيع القضاة التوقف عن الاعتماد على الحدس أكثر مما يفترض بهم أن يفعلوا، وهكذا من دون قصد يحافظون على بقاء الانحيازات في النظام.

وليس هذا كل شيء، ما يثير الحزن أننا بالكاد خدشنا سطح حقيقة إلى أي مدى يكون البشر سيئين في كونهم قضاة محايدين عادلين.

إن أقنعت نفسك من قبل بأن قطعة ملابس غالية الثمن جداً هي في الحقيقة صفقة جيدة لمجرد أن عليها خصم 50% (مثلما أفعل أنا عادة)، إذن أنت تعلم كل شيء عما يُعرف باسم تأثير المرساة anchoring effect. يصعب علينا وضع قِيم رقمية على الأشياء، والمقارنة بين قِيم متاحة أريح لنا بكثير من استحضار قيمة من اللاشيء. يستخدم المسوقون تأثير المرساة منذ سنوات، ليس فقط للتأثير على تقديرنا للقيمة التي نضعها على منتجات بعينها، لكن أيضاً في التحكم في كميات ما نشتري. مثل تلك اللافتات في السوبر ماركت التي تقول: «الحد الأقصى من علب الحساء لكل عميل 12». لم تُصمم هذه اللافتات لدرء مدمني الحساء عن شراء كل المخزون مثلما قد تحسب. بل هي موجودة للتلاعب الحاذق بطريقة تفكيرك عن عدد علب الحساء التي تحتاج. يثبت المخ الرقم 12 ويتحرك من هناك للأسفل. أظهرت دراسة في التسعينيات، أن مثل هذه اللافتة بوسعها زيادة متوسط مشتريات الزبون من 3.3 علبة إلى[126] 7.

لا شك أنك الآن لن تفاجأك معرفة أن القضاة أيضاً عرضة لتأثير المرساة. فاحتمالية حكمهم بأضرار بالغة أعلى إن طلب الادعاء ذلك[127]، ومدة سجن طويلة إن طلب الادعاء عقوبة رادعة[128]. بل إن احدى الدراسات أظهرت أن بوسعك التأثير إلى درجة كبيرة على طول فترة الحكم في قضية افتراضية، بجعل صحفي يتصل بالقاضي في فترة الاستراحة، ويلقي بهدوء أثناء المحادثة فترة عقوبة مقترحة. («أتظن العقوبة في هذه القضية يجب أن تكون أعلى أم أقل من ثلاثة سنوات؟)[129]. وربما الأسوأ من كل ذلك، يبدو أنك قادر على العبث بقرار القاضي فقط بجعله يلقي نرداً قبل استعراض قضية[130]. حتى أكثر القضاة خبرة كانوا عرضة لمثل ذلك التلاعب[131].

وثمة خلل آخر في الطريقة التي يقارن بها البشر الأرقام، له تأثير على عدالة العقوبة. ربما لاحظت تلك الخاصية الغريبة للعقل بنفسك. تأثير زيادة صوت مشغل الموسيقى بدرجة واحدة يتضاءل كلما كان أعلى، زيادة السعر من 1.20 جنيه إسترليني إلى 2.20 جنيه إسترليني يبدو هائلاً، لكن من 67 إلى 68 لا يبدو أنه يشكل فارقاً، والوقت يبدو وكأنه يمضي أسرع كلما ازداد عمرك. يحدث ذلك لأن الحواس البشرية تعمل بطريقة نسبية لا بقيم مطلقة. نحن لا نستوعب مرور كل عام كمدة ثابتة من الوقت، بل نحن نعيش كل عام جديد كجزء أصغر فأصغر من الحياة التي عشناها. الحجم الذي نستوعب لقطع الزمن أو الأموال أو الكميات يتبع تعبيراً رياضياً في غاية البساطة يُعرف بقانون ويبر Weber's Law.

ببساطة، ينص قانون ويبر على أن أقل قدر تغيير في محفّز بوسعنا إدراكه، ما يسمى «مجرد تغيير ملحوظ»، يتناسب مع المحفز الأولي. من غير المفاجئ أن هذا الاكتشاف أيضاً استغله المسوّقون. هكذا عرفوا بالضبط القدر الذي يسعهم تقليص حجم قطعة الشوكولاتة إليه قبل أن يلاحظ المشترون، أو بالتحديد إلى أي مدى بوسعهم رفع سعر منتج دون جعلك تفكر أن من الأفضل البحث عن بديل ومقارنة الأسعار.

المشكلة في سياق العدالة أن قانون ويبر يؤثر على طول العقوبات التي يختارها القضاة. تميل المسافات بين الأحكام إلى أن تصير أكبر بينما تزداد العقوبات حدّة. إن كانت الجريمة أسوأ بشكل هامشي من شيء يستحق حكم 20 سنة، إضافة ثلاثة أشهر مثلاً لا تبدو كافية؛ لا تشعر أن هناك فارقاً كافياً بين 20 عاماً و20 عاماً و3 أشهر. لكن طبعاً هناك فارق: 3 أشهر في السجن تظل 3 أشهر في السجن، بغض النظر عما كان قبلها. برغم ذلك، وبدلاً من إضافة بضعة أشهر، سيقفز القضاة إلى أقرب فارق ملحوظ في طول العقوبة، وهو في هذه الحالة 25 عاماً[132].

نعلم أن هذا يحدث لأن بوسعنا مقارنة أطوال الأحكام الممنوحة بتلك التي كان يتوقعها قانون ويبر. دراسة من 2017 فحصت أكثر من مئة ألف حكم في كلّ من بريطانيا وأستراليا، ووجدت أن 99% من المتّهمين المدانين تلقوا أحكاماً تلائم المعادلة[133].

أخبرتني مانديب دامي Mandeep Dhami، المعدة الرئيسية للدراسة، «لا يهم نوع المخالفة التي ارتكبتِها، أو نوع المتّهمة الذي أنتِ عليه، أو أي بلد تتلقين فيه الحكم، أو إن كانت العقوبة

بالسجن أو مجتمعية». كل ما يهم هو الرقم الذي برز في عقل القاضي وشعر أنه مناسب.

المؤسف هو أنه حينما يتعلق الأمر بالقضاة المنحازين، بوسعي الاستمرار في الحديث. القضاة الذين لديهم بنات أحكامهم في صالح للنساء[134]، احتمالية منح القضاة للكفالة أقل إن كان الفريق الرياضي المحلي خسر مؤخراً. بل أن تجربة شهيرة اقترحت أن الساعة التي تصدر فيها الأحكام تؤثر على فرصتك في النتائج المستحبة[135]، وإن كان ذلك البحث لم يُستنسخ بعد[136]، وهناك بعض الجدل بخصوص حجم ذلك التأثير، ربما توجد بعض الأدلة أن المحاكمة قبل موعد الغداء مباشرة تقلل من فرصك الطيبة: في الدراسة الأصلية الوقت الذي فيه القضاة أكثر قابلية لمنح الخروج بكفالة هو إن كانوا قد عادوا لتوهم من استراحة، والوقت الأقل احتمالية لذلك هو حينما تكون استراحة تناول الطعام قد اقتربت.

أظهرت دراسة أخرى أن القاضي يتجنب إصدار العديد من الأحكام المتشابهة المتتالية. هكذا تتلاشى فرصك في الحصول على اخلاء سبيل بكفالة إن حصلَت عليها أربع قضايا بنجاح قبلك[137].

يدعي بعض الباحثين أيضاً أن وجهة نظرنا في الغرباء تختلف اعتماداً على درجة حرارة المشروب الذي نحمله. اقتراحهم هو إن قدم لك أحدهم شراباً دافئاً قبل مقابلة شخص جديد، ستشعر أنه على الأرجح ذو شخصية دافئة كريمة حنونة[138].

هذه القائمة الطويلة هي فقط للأشياء التي نستطيع قياسها. هناك بلا شك عوامل أخرى لا تحصى تؤثر في الخفاء في سلوكنا ولا تُخضع نفسها للاختبار في قاعة المحكمة.

## إجمالاً

سأكون صريحة معك. عندما سمعتُ لأول مرة عن استخدام الخوارزميات في المحاكم رفضت الفكرة. سيرتكب الخوارزم الأخطاء، وبما إن ذلك الخطأ يعني خسارة أحدهم لحقه في الحرية، لم أعتقد أن من المسؤولية وضع تلك السلطة بين يدي آلة.

لست الوحيدة. كثير (وربما الأكثر) من الناس الذين يجدوا أنفسهم على الناحية الخاطئة من نظام العدالة القضائية يشعرون بذلك. أخبرتني مانديب دامي بشعور المدانين الذين عملت معهم حيال الكيفية التي تُتخذ بها القرارات بشأن مستقبلهم. «حتى مع علمهم أن القضاة البشر ربما يرتكبون الأخطاء، لا يزال المدانون يفضلون الإنسان على الخوارزم. يرغبون في تلك اللمسة الإنسانية».

وبالمثل يشعر المحامون. أخبرني محامٍ من لندن تحدّثت معه، أن دوره في المحكمة هو استغلال نقاط الشك في النظام، شيء سيجعله الخوارزم أصعب. «كلما كانت القرارات قابلة أكثر للتكهن، كلما تضاءلت المساحة المتاحة لفن المحاماة».

لكن عندما سألت مانديب دامي كيف سيكون شعورها إن كانت هي من تواجه السجن، كانت إجابتها مختلفة بشكل ملحوظ:

«لا أريد شخصاً يستخدم حدسه عندما يقرر شأن مستقبلي. أريد شخصاً يستخدم استراتيجية منطقية. نرغب في الحفاظ على حرية تصرف القضاة وكأنها شيء مقدس، وكأنها شيء جيد. برغم أن الأبحاث توضح أنها ليست كذلك. إنها ليست عظيمة على الإطلاق».

مثل بقيتنا، أرى أن قرارات القضاة يجب أن تكون محايدة بقدر الإمكان. يجب أن تقودها الحقائق عن الفرد لا المجموعة التي يصدف انتماؤه إليها. في هذا الخصوص، لا يرتقي الخوارزم للتوقعات. لكن مجرد الإشارة إلى أخطاء الخوارزم لا يكفي. الاختيار ليس بين خوارزم معيوب ونظام خيالي كامل. المقارنة المنصفة الوحيدة هي بين الخوارزم وبين ما سيبقى معنا في حالة غيابه.

كلما قرأت أكثر وتحدثت مع أشخاص أكثر، كلما زاد إيماني أننا نتوقع أكثر من اللازم من القضاة البشر. الظلم جزء لا يتجزأ من أنظمتنا البشرية. مقابل كل كريستوفر درو بروكس يعامله الخوارزم بإجحاف، هناك عدد لا يحصى من القضايا مثل نيكولاس روبنسون، حيث يخطئ القضاة من تلقاء أنفسهم. وجود خوارزم -حتى ولو خوارزم غير كامل- يعمل مع القضاة لدعم إدراكهم المعيوب غالباً هو خطوة، حسبما أظن، في الاتجاه الصحيح. على الأقل خوارزم جيد التصميم وخاضع للتنظيم المناسب يستطيع المساعدة في التخلص من الانحيازات المنهجية والأخطاء العشوائية. أنت لا تستطيع تغيير كل القضاة، خاصة وأنهم غير قادرين على إخبارك كيف يتخذون قراراتهم في الأصل.

إن تصميـم خـوارزم لاسـتخدامه فـي نظـام العدالـة الجنائيـة يتطلـب منـا أن نجلـس ونفكـر مليـاً فـي الهـدف مـن نظـام العدالـة بالضبـط. بـدلاً مـن مجـرد إغـلاق أعيننـا وتمنّـي حـدوث الأفضـل، تحتاج الخوارزميات منـا فكـرة واضحـة غيـر ملتبسـة عمـا نريـد منهـا تحقيقـه، وفهمـاً صلبـاً لمواطـن الفشـل البشـرية التـي تعوضهـا. إنهـا ترغمنـا علـى خـوض مناظـرة صعبـة عـن كيفيـة وجـوب اتخـاذ القـرار فـي المحكمـة. لـن يكـون هـذا بسـيطاً، لكنـه مفتـاح محـوري لتأسـيس مـا أن كان بوسـع الخـوارزم أبـداً أن يكـون جيـداً بمـا يكفـي.

ثمـة نزاعـات داخـل نظـام العدالـة تعقـد الأمـور وتشوشـها، وتجعـل هـذا النـوع بعينـه مـن الأسـئلة صعـب الإجابـة. لكـن ثمـة مناطـق أخـرى تخترقهـا الخوارزميات ببطء، حيـث القـرارات لا تغلـب عليهـا الصراعـات بدرجـة كبيـرة، وحيـث مسـاهمة الخـوارزم الإيجابيـة والموضوعيـة للمجتمـع فيهـا أوضـح بكثيـر.

في عام 2015، أجرت مجموعة من العلماء الرائدين دراسة غير عادية، عن صحة تشخيص السرطان[139]. قدموا لستة عشر مختبِر شاشات تعمل باللمس، وطلبوا منهم ترتيب صور لأنسجة الثدي. العيّنات كانت مأخوذة من خزعات أُجريت لنساء حقيقيات، وقُطعت لشرائح رفيعة وصُبغت بمواد كيميائية تجعل الأوعية الدموية وقنوات الحليب تبدو حمراً وبنفسجية وزرقاً. كل ما على المختبِر عمله كان تحديد إن كانت الأنماط في الصور تشير إلى وجود سرطان يكمن بين الخلايا.

بعد فترة تدريب قصيرة، بدأ المُختبرين في العمل، وحققوا نتائج مذهلة. وبالعمل فرادى، قيموا 85% من العينات بكفاءة.

لكن حينها أدرك الباحثون أمراً لافتاً للنظر؛ فهُم إن شرعوا في تجميع الإجابات -عبر ضم أصوات المُختبرين الفرادى للوصول إلى تقييم جماعي لصورة- فإن معدل النجاح يرتفع إلى 99%.

ما كان استثنائياً بحق في هذه الدراسة لم يكن مهارة المختبرين، بل كانت هوياتهم. منقذو الحياة الشجعان هؤلاء لم يكونوا أطباء أورام، لم يكونوا علماء أمراض، لم يكونوا ممرضين؛ وإنما كانوا طيور حمام.

لا تزال وظائف علماء الأمراض آمنة، لا أظن أن حتى العلماء الذين صمموا الدراسة كانوا يقترحون استبدال الأطباء بالحمائم. لكن التجربة أوضحت نقطة هامة: تمييز الأنماط المختبئة

بين مجموعات الخلايا ليست حكراً على قدرات البشر. إذن لو استطاعت الحمامة فعلها، لم لا يستطيع الخوارزم؟

### صيادو الأنماط

كامل تاريخ وممارسة الطب المعاصر مبنيان على إيجاد الأنماط في البيانات. منذ أنشأ أبقراط مدرسته للطب في اليونان القديمة قبل 2500 سنة، كانت الملاحظة والتجربة والتحليل هي أساس معركة الحفاظ علينا أصحاء.

قبلها، كان أغلب الطب لا يكاد يختلف عن السحر. آمن الناس أنك تشعر بالإعياء إن أغضبت أحد الآلهة، والمرض هو نتيجة لاستحواذ روح شريرة على جسدك. نتيجة لذلك، كان عمل الطبيب يتضمن كثيراً من الإنشاد والغناء والخرافات، ما يبدو مسلياً، لكنه ليس كذلك على الأرجح بالنسبة للشخص الذي يعتمد عليه لحمايته من الموت.

ليس الأمر وكأن أبقراط وحده قد أشفى العالم من اللاعقلانية والخرافة إلى الأبد (في النهاية، تقول إحدى الشائعات أن ابنته كانت تنّيناً طوله مئة قدم)[140]، لكن نهجه في الطب كان ثورياً بلا شك. فقد آمن أن أسباب المرض يمكن فهمها عبر التحري العقلاني لا السحر. بصبّ تركيزه على ملاحظة الحالة وتسجيلها، فقد أسس للطب كعلم، واستحق لنفسه سمعة «أبو الطب المعاصر»[141].

في حين لا تصمد التفسيرات التي توصل إليها أبقراط وزملاؤه أمام التمحيص المعاصر (آمنوا أن الصحة تأتي من

التوازن بين الدم والبلغم والصفراء والسوداء)[142]، إلا أن النتائج التي استنتجوها من البيانات تصمد بكل تأكيد[143]. (كانوا أول من اقترح أفكاراً مثل: «المرضى البُدن بشكل طبيعي معرضون للوفاة مبكراً عن النِحاف). يمكن إيجاد النسق ذاته عبر العصور. ربما اتخذ فهمنا العلمي عدداً من الانعطافات الخاطئة على طول الطريق، غير أن التطور يتحقق من خلال قدرتنا على إيجاد الأنماط وتصنيف الأعراض، واستخدام تلك الملاحظات لتوقّع ما يخفيه المستقبل للمريض.

تاريخ الطب مفعم بالأمثلة. خذ عندك مثلاً الصين في القرن الخامس عشر، عندما أدرك المعالجون أن بوسعهم تلقيح الناس ضد الجدري. بعد قرون من التجارب، وجدوا نمطاً استطاعوا استغلاله لتقليل خطر الموت من ذاك المرض إلى العُشر. كل ما كان عليهم فعله، هو إيجاد شخص يعاني من حالة خفيفة من المرض وجمع القشور من على بثوره، وطحنها، ونفخها في أنف شخص سليم[144]. أو العصر الطبي الذهبي في القرن التاسع عشر، عندما تبنى الطب باطّراد الطرق العلمية، وصار البحث عن أنماط في البيانات جزءاً جوهرياً من مهنة الطبيب. أحد هؤلاء الأطباء كان المجريّ إجناتس سيملفيس Ignaz Semmel-weis، الذي لاحظ في أربعينيات القرن الثامن عشر شيئاً مفزعاً في بيانات وفيات عنابر الولادة. النساء اللواتي يلدن في العنابر التي يديرها الأطباء، كنّ عرضة للإصابة بتعفن الدم أكثر بخمس مرات من اللواتي يلدن في العنابر التي تديرها القابلات. وأشارت البيانات أيضاً إلى السبب: كان الأطباء يشرّحون جثث الموتى ثم يهرعون للعناية بالنساء الحوامل دون التوقف لغسل أيديهم[145].

ما كان صحيحاً في صين القرن الخامس عشر وأوروبا القرن التاسع عشر، هو صحيح اليوم أيضاً مع أطباء العالم كله. ليس فقط عند دراسة أمراض الشعوب، لكن حتى خلال أدوارهم اليومية كمقدمي رعاية أساسيين أيضاً. أهذه العظمة مكسورة أم لا؟ أهذا الصداع طبيعي أم هو علامة على شيء أكثر خطورة؟ هل تستحق تلك البثور وصف جرعة من المضاد الحيوي لإزالتها؟ كلها أسئلة للتصنيف والتوقع والتعرف على الأنماط، وهي مهارات يصدف أن الخوارزميات تتقنها جداً.

بالطبع ثمة أوجه عدة للطبيب لن يستطيع الخوارزم على الأرجح أبداً استنساخها. التعاطف على سبيل المثال، أو القدرة على دعم المرضى خلال مصاعب اجتماعية ونفسية بل وأحياناً مالية. لكن توجد مناطق في الطب يتسنى للخوارزميات فيها مدّ يد المساعدة. خاصة في الأدوار التي تتطلب التعرف على الأنماط الطبية في أنقى صورها، حيث مهارات التكهن والتصنيف مُثمّنة لدرجة تجاهل كل ما عداها. خاصة في منطقة مثل علم الأمراض.

علماء الأمراض هم الأطباء الذين نادراً ما يقابلهم المرضى. كلما قمتَ بتحليل عينة دماء أو أنسجة، هم الذين يفحصون عيّنتك، جالسين في مختبر ما بعيد، ويكتبون عنها التقارير. دورهم يكمن في نهاية طابور التشخيص، حيث الكفاءة والمهارة والموثوقية عوامل حاسمة. هم من يقررون إن كنت مصاباً بالسرطان أو لا. هكذا إذا كانت الخزعة التي يحللونها هي الشيء الوحيد الذي يقف بينك وبين العلاج الكيمياوي أو الجراحة أو ما هو أسوأ، فأنت تريد التأكد أن تشخيصهم سيكون صحيحاً.

ووظيفتهم ليست هينة. عالم الأمراض المتوسط يفحص مئات الشرائح يومياً كجزء من دوره، تحتوي كل منها على عشرات الآلاف -وأحياناً مئات الآلاف- من الخلايا معلقة بين ألواح زجاجية صغيرة. إنها أصعب لعبةِ (أين والي؟ Where's Wally?)[*] يمكن تخيلها. وظيفتهم هي فحص كل عينة بإحكام، والبحث عن أي شذوذ ضئيل قد يكون مختبئاً في أي مكان من مجرة الخلايا الشاسعة تحت عدسات الميكروسكوب.

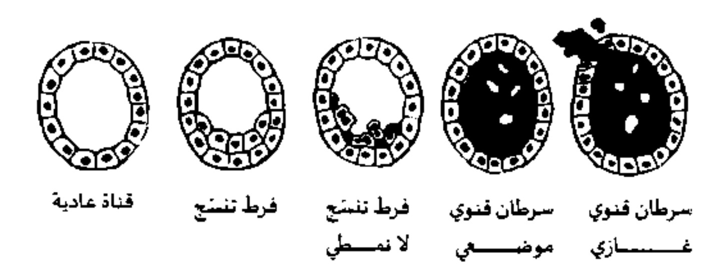
يقول أندي بيك Andy Beck: «إنها مهمة شبه مستحيلة؛ إن فحص كل عالم أمراض بحرص شديد خمس شرائح في اليوم، قد يتحقق عندها الكمال، لكن هذا ليس ما يحدث في العالم الواقعي»[146]. أندي عالم أمراض بجامعة هارفارد ومؤسس PathAI عام 2016، وهي شركة تصنع خوارزميات لتصنيف شرائح الخزعات.

بالتأكيد هذا ليس ما يحدث في العالم الواقعي. ففيه تجعل التعقيدات البيولوجية المحبطة وظيفة علماء الأمراض أصعب. لنعد إلى مثال سرطان الثدي الذي كانت الحمائم ماهرة جداً في تحديده. الحكم على إن كانت إحداهن مصابة بالمرض لا يكون مباشرة بنعم أو لا. يمتد تشخيص سرطان الثدي على نطاق واسع. في إحدى نهايتيه تقبع العينات الحميدة حيث الخلايا العادية تبدو كما يجب عليها أن تكون. في النهاية الأخرى هناك أسوأ

*- سلسلة كتب ألغاز للرسام الإنجليزي Martin Handford، فيها رسوم تمتد على صفحتين متقابلتين تظهر عشرات الأشخاص منخرطين في نشاطات عدة، وتتحدى القارئ في البحث عن شخصية (والي Wally) بين الزحام. [المترجم].

أنواع الأورام، السرطانات الغازية، حيث تركت الخلايا السرطانية قنوات الحليب وبدأت تنمو في الأنسجة المحيطة. الحالات المتطرفة يسهل تحديدها نسبياً. أظهرت دراسة حديثة أن علماء الأمراض تمكنوا من تشخيص عينات خبيثة تماماً بكفاءة 96%، وهي كفاءة تكاد تقترب مما تمكن سرب الحمام من تحقيقه في مهمة مشابهة[147].

لكن بين الطرفين -بين ما هو عادي تماماً وما هو خبيث بوضوح- توجد فئات عديدة ملتبسة، مثلما يظهر في الشكل التالي. قد تنتمي عينتك إلى مجموعة من الخلايا الشاذة التي تبدو مريبة نوعاً، لكنها ليست بالضرورة مسببة للقلق. ربما لديك أورام ما قبل سرطانية، قد تصبح لاحقاً أمراً جدياً أو لا. أو ربما لديك سرطان لم ينتشر بعد خارج قنوات الحليب (ما يسمى السرطان القنوي الموضعي ductal carcinoma in situ).




سيكون للفئة التي سيُحكم على عينتك أنها تنتمي إليها على الأرجح تأثير هائل على علاجك. اعتماداً على موقع عيّنتك من ذاك الطابور، قد يقترح الطبيب أي شيء، من استئصال الثدي إلى عدم التدخل على الإطلاق.

المشـكلة هـي أن التفريـق بيـن تلـك الفئـات الملتبسـة قـد يكـون فـي غايـة الصعوبـة. حتـى أكثـر علمـاء الأمـراض خبـرة قـد يختلفـون علـى التشـخيص الصحيـح لعيّنـة. لاختبـار إلـى أي مـدى قـد تتنـوع آراء الأطبـاء، أخـذت دراسـة فـي 2015 خزعـات مـن 72 نسـيج ثـدي، تحتـوي كلهـا تشـوهات حميـدة (فئـة تقتـرب مـن منتصـف نطـاق التصنيـف)، وطُلـب مـن 115 طبيـب أمـراض رأيهـم. مـا يثيـر القلـق أنهـم وصلـوا لنفـس التشـخيص 48% مـن الوقـت فقـط[148].

مـا أن تصـل إلـى احتماليـة 50%، فأنـت لا تختلـف كثيـراً عمّـن يقتـرع بإلقـاء العمـلات علـى التشـخيص. إن أصابـت وجـه النقـش فقـد ينتهـي بـك الحـال إلـى إجـراء استئصال غيـر ضـروري للثدي (ما يكلف مئـات آلاف الـدولارات إن كنـت تعيش فـي الولايـات المتحـدة)، وإن أصابـت وجـه الكتابـة فقـد تخسـر فرصتـك فـي عـلاج سـرطانك فـي أبكـر مراحلـه. فـي كلتـا الحالتيـن، بوسـع التأثيـر أن يكـون مدمـراً.

عندمـا تكـون المخاطـر عاليـة إلـى هـذه الدرجـة، فالدقـة هـي أكثـر مـا يهـم. إذن هـل تسـتطيع الخوارزميـات تقديـم أداء أفضـل؟

### آلات ترى

حتـى وقـت قريـب كان صنـع خـوارزم يسـتطيع التعـرف علـى أي شـيء علـى الإطـلاق فـي صـورة، ناهيـك عـن الخلايـا السـرطانية، يُعتبـر تحديـاً شـديد التعقيـد. السـهولة التـي يفهـم بهـا البشـر الصـور لا تشـكل أي فـارق، شـرح كيفيـة فعـل ذلـك بالضبـط اتضـح أنهـا أمـر ذو صعوبـة لا يمكـن تصورهـا.

لفهـم السـبب، تخيـل كتابـة تعليمـات تخبـر الكمبيوتـر إن كان هنـاك

كلب في صورة ما أو لا. بوسعك أن تبدأ من الأمور الواضحة: عنده أربعة قوائم، وإن كانت أذناه متدلّيتين، وإن كان ذا فرو، وما إلى ذلك. لكن ماذا عن الصور التي فيها كلب جالس؟ أو التي لا تستطيع أن ترى فيها كل قوائمه؟ ماذا عن الكلاب ذوات الآذان المدببة أو المعقوفة؟ أو التي لا يواجه فيها الكاميرا؟ وكيف يختلف الفرو عن سجادة منفوشة؟ أو صوف خروف؟ أو عشب؟

تستطيع بالطبع حلّ كل ذلك بإضافة مزيد من التعليمات تصف كل نوع ممكن من آذان الكلاب أو فروها أو أوضاع جلوسها، لكن خوارزمك سيصبح عما قريب ضخماً لدرجة أنه لن يكون قابلاً للتنفيذ قبل حتى أن تبدأ في التفرقة بين الكلاب وباقي ذوات الأربع. أنت بحاجة إلى إيجاد طريقة أخرى. الخدعة هنا هي الابتعاد عن أنظمة قواعد التعليمات، واستخدام ما يعرف باسم «الشبكات العصبية neural network»[(149)].

يمكنك تخيل الشبكة العصبية كبُنية رياضية هائلة ذات كمّ هائل من الأزرار والأقراص. تغذّيه بالصور من ناحية، فتمضي الصور عبر تلك البُنية وتخرج من الناحية الأخرى على هيئة تخمين لما تحتويه الصورة، احتمالية لكل فئة: كلب، أو ليس كلب.

شبكتك العصبية في البداية ليست إلا كومة خردة. تبدأ بلا معرفة، بلا فكرة عما هو كلب أو غير ذلك. كل الأزرار والأقراص مضبوطة عشوائياً. نتيجة لذلك فالإجابات التي تقدمها كلها متخبطة، لا تستطيع التعرف بكفاءة على صورة حتى لو وجودها يعتمد ذلك. لكن مع كل صورة تغذيها بها، فأنت تضبط تلك الأزرار والأقراص. هكذا تدربها ببطء.

تُدخل إلى النظام صورتك لكلب. بعد كل تخمين تقوم به الشبكة، تعمل مجموعة من القواعد الحسابية على ضبط الأزرار والأقراص حتى يقترب التوقع من الإجابة الصحيحة. ثم تغذيها بمزيد من الصور، التي تضبطها أكثر في كل مرة تخطئ فيها من خلال مصفوفات الأزرار والأقراص، وهذه تعزز المسارات التي تقود إلى النجاح وتتجاهل التي تقود إلى الفشل. تنتشر عبر الشبكة خلفياً معلومات عما يجعل صورة كلب تشبه صورة لكلب آخر. يستمر هذا -بعد تغذيتها بمئات وآلاف الصور- حتى تقلّ أخطاؤها إلى أقل قدر ممكن. في النهاية بوسعك أن تعرض عليها صورة لم ترها من قبل قط، وستكون قادرة على أن تخبرك بدرجة عالية من الكفاءة إن كان في الصورة كلب أو لا.

المفاجئ بخصوص الشبكات العصبية، هو أن مشغليها عادة لا يفهمون كيف ولماذا يصل الخوارزم لنتيجته. الشبكة العصبية المصنِّفة لصور الكلاب لا تعمل بطريقة البحث عن خواص قد أميزها أنا أو أنت كشيء متعلق بالكلاب، لا تبحث عن قياس لدرجة «الشيواوائية» أو «الدوبرمانية»، الأمر أكثر تجريداً من ذلك: تلتقط أنماطاً في الصور للحواف والضوء والظلمة لا تعني الكثير لحواس الملاحظ البشري (انظر لمثال التعرف على الصور في فصل «في القوة» لترى ما أعنيه). ولأن هذه العملية أصعب من قدرة الإنسان على التصور، لا يعلم المشغلون البشريون إلا أنهم حسّنوا من قدرة خوارزمهم على الوصول إلى الإجابات الصحيحة، ولا يعلمون بالضرورة التفاصيل الدقيقة لكيفية وصوله إليها.

هذا «خوارزم تعلّم آلة» آخر، مثل الغابات العشوائية التي

قابلناها في فصل «في العدالة»، يمضي إلى ما هو أبعد مما برمجه مشغلوه عليه، ويعلم نفسه من الصور المقدمة إليه. هذه القدرة على التعلم هي ما تضفي على الخوارزم صفة «الذكاء الاصطناعي». والطبقات العديدة من الأزرار والأقراص أيضاً تعطي للشبكة بُنيتها العميقة، ومن هنا يأتي مصطلح «التعلم العميق Deep Learning».

كانت الشبكات العصبية موجودة منذ منتصف القرن العشرين، لكننا افتقرنا حتى وقت قريب إلى قابلية الوصول الواسع للكمبيوترات القوية الضرورية لحصد أفضل ما تقدمها. اضطر العالم أخيراً للالتفات والنظر إليها بجدية في 2012، عندما أدخل عالم الكمبيوتر جيوفري هينتون Geoffrey Hinton واثنان من تلامذته نوعاً جديداً من الشبكات العصبية في مسابقة تعرف على الصور[150].

التحدي كان في التعرف على الكلاب وغيرها من الأشياء. خوارزمهم الذكي اصطناعياً أطاح بأقوى منافسيهم أرضاً، وأشّر لبداية عصر نهضة هائل للتعلم العميق.

خوارزم يعمل دون أن نعرف كيف يتخذ قراراته قد يبدو أقرب للسحر، لكن ربما لا يختلف ذلك كثيراً عن الكيفية التي نتعلم بها نحن أنفسنا. تأمل تلك المقارنة. مؤخراً درّب أحد الفرق خوارزماً على التفرقة بين صور الذئاب وكلاب الهاسكي الأليفة. ثم أوضحوا الطريقة التي فعل بها ذلك، بفضل الطريقة الذي ضبط بها أزراره بنفسه. لم يكن الخوارزم يستخدم أي شيء يتعلق بالكلاب كدليل له على الإطلاق. كان يبني إجابته على إن كان في خلفية الصورة ثلج أو لا.

ثلج: ذئب

لا ثلج: هاسكي[151]

بعد نشر ورقتهم بقليل، كنت أتحدث مع فرانك كيلي Frank Kelly، بروفيسور رياضيات بجامعة كامبريدج، وأخبرني عن محادثة أجراها مع حفيده. كان يمشي مع الطفل ذي الأعوام الأربعة إلى الحضانة، عندما مرا بجوار كلب هاسكي. علّق حفيده أن هذا الكلب «يشبه» الذئب. عندما سأله فرانك كيف عرف أنه ليس ذئباً، أجاب «لأنه مربوط في طوق».

**تحالف مع الذكاء الاصطناعي**

ثمة شيئان تريدهما من خوارزم جيد لفحص سرطان الثدي. أنت تريده أن يكون **حساساً** sensitive كفاية لالتقاط أي شذوذ موجود في الأثداء ذات الأورام، دون تجاهل أي نقطة في الصورة واعتبارها سليمة. لكنك تريده أيضاً أن يكون **دقيقاً** specific بما يكفي كي لا يعتبر نسيج ثدي طبيعي للغاية مريباً.

قابلنا مبادئ الحساسية والدقة من قبل في فصل «عدالة». إنها من نفس عائلة الخطأ السلبي والخطأ الإيجابي (أو دارث فيدر ولوك سكاي-ووكر، هكذا يجب أن يُطلق عليهما رسمياً الأدب العلمي إن سألتني عن رأيي). في سياقنا هنا، الخطأ الإيجابي يحدث عندما يُقال لامرأة سليمة إن لديها سرطان ثدي، والخطأ السلبي عندما يُقال لامرأة مصابة بأورام إنها بخير. اختبار دقيق سينتج عنه بالكاد أي خطأ إيجابي، بينما اختبار حساس يؤدي إلى أخطاء سلبية قليلة. السياق الذي يعمل فيه

الخوارزم لا يشكل فارقاً، سواء كان يتكهن بالنكوص أو يشخص سرطان الثدي أو (مثلما سنرى في فصل «في الجريمة») يحدد أنماط الأنشطة الإجرامية، القصة هي نفسها كل مرة؛ أنت ترغب في أقل كم من الأخطاء السلبية والإيجابية بقدر الإمكان.

المشكلة هي أن تحسين خوارزم يعني غالباً الاختيار بين الحساسية والدقة. إن ركزت على تعزيز إحداهما، يعني ذلك على الأرجح خسارة الأخرى. لو مثلاً قررت جعل الأولوية للقضاء الكامل على الأخطاء السلبية، قد يعتبر خوارزمك كل ثدي يراه مريباً. يعني هذا حساسية بنسبة 100%، ما يرضي هدفك بالتأكيد. غير أنه سيعني أيضاً خضوع الكثير من السيدات الصحيحات لعلاج غير ضروري. أو لنقل إنك قررت تكريس الأولوية للقضاء الكامل على الأخطاء الإيجابية. سيعتبر الخوارزم عندها الجميع أصحاء، ما يعني حصوله على نسبة دقة 100%. هذا رائع، طالما أنتِ لست من السيدات ذوات الأورام اللواتي تجاهلهن الخوارزم لتوه.

المثير للاهتمام أن علماء الأمراض من البشر لا يعانون من مشاكل مع الدقة. فهم تقريباً لا يخطئون أبداً في اعتبار خلايا سرطانية وهي ليست كذلك. لكن البشر يعانون قليلاً مع الحساسية، من السهل علينا لدرجة تثير القلق عدم ملاحظة الأورام الصغيرة، حتى الخبيثة منها بوضوح.

سُلِّط الضوء على مواطن الضعف الإنسانية هذه في تحدٍّ جديد صُمم لمقارنة الإنسان بالخوارزم. جاءت فرق الكمبيوتر من أنحاء العالم لمباراة علماء الأمراض رأساً برأس في إيجاد الأورام الكامنة في أربعمئة شريحة، في منافسة معروفة باسم

كاميليون16 CAMELYON16. لتسهيل الأمور، كل الحالات كانت من أقصى الطرفين: أنسجة عادية تماماً أو ذوات سرطان ثدي غازي. لم يكن هناك حدّ للوقت المتاح لعلماء الأمراض، بوسعهم أخذ الوقت الذي يرغبون فيه للخوض بين الخزعات. مثلما هو متوقع، التشخيص العام كان صحيحاً[152] (بنسبة صحة 96%)، دون ارتكاب أي خطأ إيجابي واحد خلال العملية. لكنهم أخطأوا أيضاً في التعرف على كثير من الخلايا السرطانية الصغيرة المختبئة في طيات النسيج، تمكنوا فقط من تحديد 73% منها بعد 30 ساعة من البحث.



إن العدد الهائل من النقاط التي كانوا بحاجة لفحصها لم يكن بالضرورة هو المشكلة. فبوسع الناس إساءة التعرف على مواطن شذوذ في غاية الوضوح حتى لو كانوا ينظرون إليها مباشرة. في 2013 خبأ باحثون بجامعة هارفارد سراً صورة لغوريلا في سلسلة من صور أشعة الصدر، وطلبوا من 24 متخصص أشعة غير مرتاب البحث في الصور عن علامات الإصابة بالسرطان. فشل 83% منهم في ملاحظة الغوريلا، برغم أن تتبع حركة أعينهم أظهر أن أغلبهم كانوا ينظرون إليها مباشرة[153]. بوسعك التجربة بنفسك مع الصورة السابقة[154].

تواجه الخوارزميات مشكلة معاكسة. ستتعرف بحماس على مجموعات الخلايا الشاذة، حتى الصحيحة منهم تماماً. في أثناء كاميلون16 مثلاً، تمكنت أفضل شبكة عصبية من إيجاد 92.4% من الأورام بشكل مثير للإعجاب[155]، لكن خلال ذلك ارتكبت ثمانية أخطاء إيجابية في كل شريحة، باعتبار مجموعات طبيعية من الخلايا مريبة. بمثل هذه الدقة المنخفضة، أحدث الخوارزميات المستخدمة الآن تميل بلا شك ناحية نهج التشخيص الذي يرى الجميع مصابين بسرطان الثدي، ولا تزال غير جيدة بما يكفي لتقديم تقاريرها المرضية بعد.

الخبر الجيد برغم ذلك أننا لا نطلب منها أن تفعل. النية هي دمج قوى الإنسان والآلة. يقوم الخوارزم بالجزء الشاق من العمل بالبحث في الكمية الهائلة من المعلومات في الشرائح، وتظليل الأماكن القليلة المثيرة للاهتمام. ثم يتولى عالم الأمراض الزمام. لا يهم إن كانت الآلة قد علَّمت على خلايا ليست سرطانية،

فالخبير البشري سيتفقد بسرعة ويزيل أي شيء غير طبيعي. هذا النوع من الشراكة مع الفحص الخوارزمي الأولي لا يحافظ فقط على وقت كثير من الضياع، بل يرفع أيضاً صحة التشخيص الكلية إلى 99.5%[156].

بقدر ما يبدو هذا رائعاً، فالحقيقة هي أن علماء الأمراض البشريين كانوا دوماً أكفاء في تشخيص الأورام السرطانية الحادة. الحالات الصعبة هي الحالات المبهمة في المنتصف، حيث الفارق بين ما هو سرطاني وما هو ليس كذلك رفيع. أيستطيع الخوارزم المساعدة هنا أيضاً؟ الإجابة هي نعم (على الأرجح). لكن ليس عبر محاولة التشخيص باستخدام الفئات المعقدة التي طالما استخدمها علماء الأمراض. عوضاً عن ذلك، ربما يستطيع الخوارزم -الذي هو أفضل بكثير في إيجاد الشذوذ الكامن بين شظايا البيانات الضئيلة- توفير طريقة أفضل للتشخيص بالكامل. من خلال عمل شيء لا يقدر عليه الأطباء البشر.

### دراسة الراهبات

في 1986، استطاع ديفيد سنودن David Snowden، عالم أوبئة في جامعة كنتاكي، أن يقنع 678 راهبة بإعطائه أمخاخهن. وافقت الراهبات، اللواتي كن عضوات في مدرسة أخوات نوتردام، على المشاركة في بحث سنودن العلمي الاستثنائي عن مسببات مرض الزهايمر.

في بداية الدراسة كانت أعمار النساء تتراوح بين 75 و103 سنة. وكل منهن كانت ستأخذ سلسلة من اختبارات الذاكرة كل

عام طوال ما تبقى من حياتها. ثم بعد وفاتها، سيتلقى المشروع مخّها على سبيل التبرع. سواء أكانت قد ظهرت عليهن أعراض خرف شيخوخة أو لم تظهر، وعَدن بالسماح لفريق سنودن بأخذ أغلى أعضائهن وتحليله بحثاً عن علامات المرض[157].

أدى كرم الراهبات إلى انشاء مجموعة بيانات قيمة. وبما أنه لم يكن لأي منهن أبناء، ولم يكنّ يُدخِّنّ أو يشربن كثيراً، فقد استطاع العلماء استبعاد العديد من العوامل الخارجية التي قيل إنها تُزيد من احتمالية الإصابة بمرض الزهايمر. ولأنهن جميعاً عشن الحياة بنفس الطريقة، بقابلية مشابهة للوصول إلى الرعاية الصحية والدعم الاجتماعي نفسه، فقد وفرت الراهبات أنفسهن بشكل فعال الضبط التجريبي المطلوب.

كان كل شيء يمضي على ما يرام عندما، بعد سنوات من بدء الدراسة، اكتشف الفريق كنزاً دفيناً آخر من البيانات لدى مواضيع دراستهم، وكانوا على استعداد لاستغلاله. كان على كثير من الراهبات في شبابهن تقديم مقالات مكتوبة باليد عن سيرهن الذاتية قبل أن يُسمح لهن بنذر أنفسهن للرهبنة. كتبت النساء هذه المقالات بينما كانت أعمارهن -في المتوسط- 22 سنة فقط، قبل أن تظهر على أي منهن أية أعراض خرف شيخوخة بعقود. برغم ذلك، اكتشف العلماء في كتابتهن أدلة تتكهن بما سيحدث لهن في المستقبل.

حلل الباحثون تعقيد اللغة في كل من المقالات، ووجدوا صلة بين بلاغة الراهبات في شبابهن واحتمال إصابتهن بخرف الشيخوخة مع كبر السن.

على سبيل المثال، هذا مقطع من جملة واحدة من مقالة راهبة حافظت على قدرة معرفية ممتازة على مدار حياتها:

> بعدما أنهيت الصف الثامن عام 1921 رغبت في أن أصبح راهبة متدربة في مدينة مانكاتو، لكني لم أكن وقتها أمتلك الشجاعة لأطلب الإذن من والديّ، فقامت الأخت أجريدا بذلك بدلاً مني مما جعلهما يمنحاني موافقتهما بيُسر.

قارن ذلك بجملة كتبتها راهبة ستتداعى تقييمات ذاكرتها في سنواتها المتأخرة:

> بعدما أنهيت المدرسة، عملت في مكتب بريد.

كان الارتباط قوياً لدرجة أن الباحثين استطاعوا تخمين أي من الراهبات قد يصيبها خرف الشيخوخة عبر قراءة خطاباتهن فقط. 90% من الراهبات اللواتي أُصبن بمرض الزهايمر لاحقاً كانت «قدرتهن اللغوية منخفضة» في شبابهن، بينما كانت 13% فقط من الراهبات اللواتي احتفظن بقدرتهن المعرفية في كبر السن لديهن «كثافة أفكار منخفضة» في مقالاتهن[158].

مما تسلّط عليه هذه الدراسة الضوء، هو الكم المذهل من الأشياء التي لا يزال علينا تعلمها عن أجسادنا. حتى معرفة احتمال وجود تلك الصلة لا تخبرنا بالسبب (هل التعليم المناسب يجنّبنا خرف الشيخوخة؟ أم أن الناس ذوي القابلية للإصابة بالزهايمر يرتاحون أكثر مع استخدام اللغة البسيطة؟)، لكن لعلها تقترح أن الزهايمر قد يستغرق عدة عقود ليتطور.

الأهم من ذلك بالنسبة لغرضنا، فهي توضح أن مؤشرات صحتنا المستقبلية قد تكمن في بيانات بسيطة صغيرة غير متوقعة، قبل أعوام من ظهور أية أعراض للمرض علينا. وتلمح إلى مدى القوة التي قد تبلغها الخوارزميات الطبية المستقبلية القادرة على الخوض في البيانات. ربما ذات يوم، سيكون بوسعها تشخيص علامات وجود السرطان قبل أن يستطيع الأطباء بسنوات.

## قوة التكهنات

في أواخر سبعينيات القرن السابق، أجرت مجموعة من علماء أمراض مقاطعة ريب Ribe الدنماركية، عمليات استئصال ثدي مزدوج لمجموعة من الجثث. تراوحت أعمار النساء المتوفيات بين 22 و89 سنة، كانت 6 من أصل 83 منهن قد مُتنَ بسرطان الثدي الغازي. بعدما جهز الباحثون الأثداء المقطوعة ليفحصها علماء الأمراض، بتقسيم كل منها إلى أربع قطع ثم تقطيع الأنسجة إلى شرائح جاهزة للفحص، كشفت تلك العينات الستّ بلا شك عن علامات المرض. لكن لذهول الباحثين، فمن بين الـ 77 امرأة المتبقيات -اللواتي متن لأسباب مختلفة تماماً، مثل أمراض القلب وحوادث السيارات- وُجدت في ربعهن تقريباً علامات تحذيرية من الإصابة بسرطان الثدي، مثل التي يبحث عنها علماء الأمراض عند المرضى الأحياء.

دون إظهار أية إشارة على الإصابة بالمرض، كانت لدى 14 من النساء خلايا سرطان موضعي لم تخرج قطّ عن قنوات

الحليب أو الغدد. خلايا كانت ستُعتبر سرطان ثدي خبيث لو كانت النساء أحياء. ثلاث منهن كانت لديهن خلايا شاذة كانت ستُعتبر مريبة في حالة إجراء خزعة، وواحدة منهن كانت مصابة بالفعل بسرطان ثدي غازي لم تعلم عنه شيئاً عندما ماتت[159].

كانت هذه الأرقام مفاجئة، لكن الدراسة لم تكن ضربة حظ. وصل باحثون آخرون لنتائج مشابهة. في الواقع، يُقدّر البعض أن ربما تكون 9% من النساء يعشن حياتهن بأورام في أثدائهن دون أن يدركن ذلك[160]، أي عشرة أضعاف من يُشخّصن بالفعل بسرطان الثدي[161].

إذن ما الذي يحدث؟ أهناك وباءٌ ما بيننا؟ طبقاً لدكتور جوناثان كانفسكي Jonathan Kanevsky، المبتكر الطبي والجراح المقيم بجامعة ماكجيل McGill بمونتريال، الإجابة هي لا. على الأقل ليس تماماً. لأن وجود السرطان ليس بالضرورة مشكلة:

إن كان في جسد أحدهم خلية سرطانية، فعلى الأرجح سيعتبرها جهازه المناعي خلية متحورة، وسيهاجمها ويقتلها. لن ينمو هذا السرطان ليصبح شيئاً مخيفاً. لكن أحياناً ما يخطئ الجهاز المناعي، أي أن الجسد سيدعم نمو السرطان، ما يسمح له بالتطور. عند هذه النقطة، بوسع السرطان القتل[162].

ليست كل الأورام متساوية. بعضها سيتعامل معه جسدك، بعضها سيجلس في مكانه راضياً حتى تموت، وبعضها قد يتطور إلى سرطان عدواني واسع الانتشار. المشكلة أننا في الغالب ليست لدينا طريقة لنعرف من منها سيصبح ماذا.

لهـذا السـبب تُعتبـر الفئـات المخادعـة بيـن الحميـد وشـديد الخبـث مشـكلة كبيـرة. برغـم أنهمـا التصنيفـان الوحيـدان اللـذان علـى الأطبـاء العمل بهمـا، لكن إن وجـد طبيـب مجموعـة مـن الخلايا فـي خزعتـك تبـدو مريبـة نوعـاً، فالعنـوان الـذي سـيضعه عليهـا لـن يفيـد إلا فـي وصـف مـا يوجـد فـي أنسـجتك الآن فقـط. لا يسـاعد هـذا كثيـراً فـي توفيـر أدلـة عمـا ينتظـرك فـي المسـتقبل، والمسـتقبل هـو بالطبـع أكثـر مـا يقلـق المرضـى.

نتيجـة لذلـك فكثيـراً مـا يبالـغ النـاس فـي الحـذر عنـد اختيـار علاجهـم. خـذ عنـدك السـرطان الموضعـي مثـلاً؛ تقتـرب هـذه الفئـة مـن النهايـة المُقلقـة للخـط، حيـث الـورم السـرطاني موجـود لكنـه لـم ينتشـر بعـد إلـى الأنسـجة المحيطـة. بقـدر مـا يبـدو ذلـك خطيـراً، واحـد مـن كل عشـرة سـرطانات موضعيـة فقـط تقريبـاً سـيتحول إلـى شـيء بوسـعه قتلـك. وبرغـم ذلـك فـإن ربـع النسـاء اللواتـي يتلقيـن هـذا التشـخيص بالولايـات المتحـدة، يخضعـن لاسـتئصال ثـدي كامـل، وهـي عمليـة كبيـرة عظيمـة التأثيـر جسـدياً، وفـي الغالـب كذلـك نفسـياً[163].

الحقيقـة هـي أنـك كلمـا ازددت جديـة فـي فحوصـات سـرطان الثـدي، كلمـا أثّـرت أكثـر علـى حيـاة نسـاء كـنّ سيعشـن سـعيدات بقيـة حياتهـن، غافـلات عـن أورامهـن غيـر المؤذيـة. استنتجَت لجنـة بريطانيـة مسـتقلة أن مقابل كل 10,000 امـرأة سـتتلقى دعـوة لإجـراء فحـص ماموغـرافي [تصويـر إشـعاعي للثـدي] فـي السـنوات العشـرين القادمـة، سـيُحال دون وقـوع 43 وفـاة بسـرطان الثـدي. وقـد نُشـرت دراسـة فـي New England Journal of Medicine اسـتنتجَت أن

مقابل كل 100,000 يجرين فحصاً ماموغرافيّاً روتينياً، سيُعثر على أورام قد تصبح مهددة للحياة في 30 امرأة منهنّ[164].

غير أن ثلاثة أو أربعة أضعاف ذلك العدد من النساء -بحسب الإحصائية التي تستخدمها- سيُشخّصن أكثر من اللازم، وسيتلقّين علاجاً لأورام لم تكن لتهدد حيواتهن قطّ[165].

إن مشكلة التشخيص والعلاج الزائدين يصعب حلها عندما تكون ماهراً في اكتشاف الشذوذ ولكنك لست كذلك في توقع كيف سيتطور. برغم ذلك ربما لا يزال هنالك أمل. ربما كانت هناك -مثلما مع الراهبات ومقالاتهن- أدلة صغيرة على المصير الذي ستؤول إليه صحة شخص ما بعد أعوام في المستقبل، يمكن إيجادها مختبئة في بيانات ماضيه وحاضره. ولو كان الأمر كذلك، فإن الخوض إذن في هذه البيانات سيكون وظيفة مثالية لشبكة عصبية.

في الساحة التي عانى فيها الأطباء لعقود في محاولة اكتشاف لماذا يمثل شذوذ ما خطورة أكثر من غيره، قد يصل خوارزم لم يتعلم ما الذي يبحث عنه إلى النجاح بطريقته. فقط إن جمعت كماً ضخماً كافياً من شرائح الخزعات (بما فيها عينات لأورام انتشرت وزحفت إلى أماكن أخرى في الجسد، وعينات لأورام لم تفعل ذلك) لتدريب شبكتك العصبية، فبوسع الخوارزم البحث عن أدلة خفية على مستقبلك الصحي خالية من أية أحكام مسبقة قد تأتي مع النظرية. مثلما يصيغ الأمر جوناثان كانفسكي: «سيرجع للخوارزم تحديد السمات الفريدة في أية صورة، التي ترتبط في إن كان ذلك الورم سينتشر أو لا»[166].

مـع خـوارزم مثـل هـذا، سـتقلّ أهميـة الفئـة التـي تنتمـي إليهـا خزعتـك كثيـراً. لـن تعـود بحاجـة إلـى إزعـاج نفسـك بأسـئلة كيـف ولمـاذا، سيتسـنى لـك القفـز مباشـرة للمعلومـات المهمـة: هـل سـتحتاج إلـى عـلاج أم لا؟

الخبـر السـعيد هـو أن العمـل علـى خـوارزم مشـابه قـد بـدأ بالفعـل. فقـد أطلـق أنـدي بيـك، عالـم الأمـراض فـي هارفـارد والمديـر التنفيـذي لشـركة PathAI الـذي قابلنـاه مـن قبـل؛ العنـان مؤخـراً لخوارزمـه علـى سلسـلة عينـات لمرضـى فـي هولنـدا، ووجـد أن أفضـل مـا يمكـن التنبؤ بـه فـي نجاة المريض يمكـن إيجـاده ليس فـي السـرطان نفسـه، وإنمـا فـي الشـذوذات الأخـرى الموجـودة فـي الأنسـجة المجـاورة[167]. إن ذلـك تطـور هـام؛ مثـال قـوي علـى دفـع الخوارزميـات للأبحـاث إلـى الأمـام بأنفسـها، مؤكـدة علـى قدرتهـا علـى إيجـاد الأنمـاط التـي تحسّـن مـن قدرتنـا علـى التكهـن.

وبالطبـع توجـد لدينـا الآن ثـروة هائلـة مـن البيانـات بوسـعنا اسـتخدامها. بفضـل الفحـوص الماموغرافيـة الروتينيـة حـول العالـم، نحـن لدينـا علـى الأرجـح صـور لأنسـجة الثـدي أكثـر مـن أي عضـو آخـر فـي الجسـد. أنـا لسـت عالمـة أمـراض، لكـن كل خبيـر تحدثـتُ إليـه أقنعنـي أن قدرتنـا علـى التوقـع بثقـة إن كانـت عينـة مـا مثيـرة للقلـق سـتصير سـرطانية، باتـت عنـد مرمـى أبصارنـا. ثمـة فرصـة حقيقيـة جـداً هـي أن مـع صـدور هـذا الكتـاب فـي طبعـة ورقيـة، سـيكون أحدهـم قـد حـول تلـك الفكـرة المغيـرة للعالـم إلـى حقيقـة.

## تشخيص رقمي

تنطبق هذه الأفكار على ما يتجاوز سرطان الثدي بكثير. الشبكات العصبية التي يبنيها أندي بيك وآخرون لا تهتم بما تنظر إليه. بوسعك أن تطلب منها تصنيف أي شيء: كلاب أو قبعات أو أجبان. طالما أنت تخبرها متى تصيب ومتى تخطئ، ستتعلم. وبما أن تلك العائلة من الخوارزميات صارت الآن جيدة كفاية للاستخدام، فإنّ تأثيرها بات ملموساً على كل مناحي الطب المعاصر.

أحد النجاحات القريبة على سبيل المثال كان لفريق غوغل برين Google Brain، الذي بنى خوارزماً لفحص أكبر مسبب في العالم للعمى يمكن الوقاية منه: اعتلال الشبكية السكري Diabetic Retinopathy. إنه مرض يؤثر على الأوعية الدموية في الأماكن الحساسة للضوء في العين. إذا عرفت أنك مصاب به، يمكن إعطاؤك حُقناً تنقذ بصرك، لكن إذا لم يُشخّص مبكراً فقد يؤدي إلى عمى نهائي. في الهند، حيث الوصول إلى الخبراء القادرين على تشخيص الحالة محدود، يذهب بصر 45% من المصابين باعتلال الشبكية السكري قبل أن يعلموا بإصابتهم بالمرض. خوارزم فريق غوغل، الذي بُنِي بالتعاون مع أطباء هنود، ماهر في تشخيص الحالة الآن مثل طبيب عيون بشري بالضبط.

بالمثل توجد خوارزميات مشابهة تبحث عن أمراض القلب والأوعية الدموية[168]، وانتفاخ الرئة[169]، والجلطات الدماغية[170]، والأورام الميلانينية في الجلد [171]. بل توجد حتى أنظمة لتشخيص السلائل خلال عملية تنظير القولون في الوقت الفعلي.

الحقيقة هي، إن كنت قادراً على أخذ صورة لشيء ووضع عنوان عليه، فبوسعك إنشاء خوارزم للبحث عنه. وسينتهي بك الحال غالباً مع تشخيص أكفأ (وربما أسرع) مما يتسنى لأي طبيب بشري.

لكن ماذا عن أشكال البيانات الطبية الأكثر فوضوية؟ هل يمكن استخدام نجاح هذه الخوارزميات في شيء يتجاوز هذه الأنواع من المهام شديدة التخصصية وضيقة التركيز؟ هل بوسع الآلة البحث عن معنى وسط ملحوظات دونها طبيبك على عجل مثلاً؟ أو الانتباه لدليل ضئيل في الطريقة التي تصِف بها ألمك؟

ماذا عن حلم الخيال العلمي الطبيّ الأشهر، حيث تستمع الآلة في عيادة طبيبك لأعراضك بعناية وتحلل تاريخك الطبي؟ أنجرُؤ على تخيل آلة متمكنة من كل صغيرة وكبيرة في عالم البحث الطبي الحديث؟ آلة تقدم تشخيصاً كاملاً وخطة علاج مُفصلة بامتياز على المريض؟

باختصار، ماذا عن شيء يشبه واطسون من IBM؟

## بديهي يا عزيزي(*)

في 2004، كان تشارلز ليكيل Charles Lickel منهمكاً في أكل شريحة لحم على العشاء برفقة بعض زملائه في مطعم بنيويرك.

*- «بديهي يا عزيزي واطسون Elementary, my dear Watson»، تعبير شهير من أفلام المحقق شيرلوك هولمز Sherlock Holmes القديمة، يقوله المحقق الأشهر لمساعده الطبيب واطسون عندما يشرح استنتاجاً وصل إليه. ويُستخدم التعبير على سبيل المزاح بين الإنجليز عند شرح أمر قد يبدو معقداً. [المترجم]

فـي منتصـف الوجبـة، بـدأ التواجـد فـي منطقـة الأكل يقـلّ. اتبـع تشـارلز مرتـادي المطعـم يدفعـه فضولـه، ووجدهـم يتجمعـون حـول تليفزيـون، يشـاهدون بحمـاس برنامـج المسـابقات الشـهير جيوبـاردي Jeopardy. كان كيـن جينينغـز Ken Jennings، بطـل جيوبـاردي الشـهير، لديـه فرصـة فـي الحفـاظ علـى رقمـه القياسـي فـي الفـوز لسـتة أشـهر متعاقبـة، ولـم يرغـب رواد المطعـم فـي تفويـت فرصـة مشـاهدته [172].

كان تشـارلز ليكيـل نائبـاً لرئيـس البرمجيـات بشـركة IBM. علـى مـدار السـنوات القليلـة السـابقة، منـذ اسـتطاع ديـب بلـو هزيمـة جـاري كاسـباروف فـي الشـطرنج، ظـل رؤسـاء IBM يلحـون علـى تشـارلز أن يجـد تحديـاً جديـداً يسـتحق تركيـز الشـركة. بينمـا كان واقفـاً فـي المطعـم بنيويـورك، مراقبـاً رواد المطعـم المفتونيـن ببطـل جيوبـاردي البشـري ذلـك، أخـذ ليكيـل فـي التسـاؤل إن كان يمكـن تصميـم آلـة لهزيمتـه.

لـن يكـون ذلـك سـهلاً. اسـتغرقت الآلـة المعروفـة بـ «واطسـون Watson» مثلمـا تخيلهـا تشـارلز فـي ذلـك المطعـم سـبع سـنوات طـوال لبنائهـا. لكـن واطسـون فـي النهايـة سـيتحدى كيـن جينينغـز فـي حلقـة خاصـة مـن جيوبـاردي ويهزمـه بسـهولة فـي اللعبـة التـي كان قـد ملـك مفاتيحهـا. خـلال ذلـك، سـتكون IBM قـد وضعـت نفسـها علـى طريـق بنـاء أول آلـة تشـخيص كاملـة الإمكانيـات. سـنعود إلـى ذلـك بعـد قليـل، لكـن قبـل ذلـك دعنـي أوضـح لـك بعـض الأفـكار الرئيسـية فـي آلـة الفـوز بجيوبـاردي، التـي شـكلت أسـاس خوارزميـات التشـخيص الطبـي.

لمن لم يسمعوا عنه من قبل، جيوباردي هو برنامج مسابقات أمريكي تليفزيوني معروف، على شاكلة اختبار معلومات عامة معكوس: يُقدم للمتسابق أدلة على شكل أجوبة، وعليه أن يصيغ أسئلة رداً عليها. مثلاً، في فئة «كلمات مناقضة لنفسها»، قد يكون الدليل:

«مشبك لتأمين شيء ما، أو قد يكون انحناء أو انبعاجاً أو تشوهاً مفاجئاً نتيجة لحرارة أو ضغط».

سيكون على اللاعب الخوارزمي تعلم أن يمر ببعض الطبقات ليصل إلى الإجابة الصحيحة: «ماذا تعني كلمة (buckle)؟». في البداية، يحتاج واطسون لفهم اللغة جيداً بما يكفي لاستنتاج معنى السؤال، وإدراك أن «مشبك» و«تأمين» و«انحناء» و«انبعاج» أو «تشوه مفاجئ»، كلها عناصر مختلفة للدليل. في هذا وحده تحدٍّ هائل لأي خوارزم.

لكن تلك فقط هي الخطوة الأولى، يحتاج واطسون بعدها للبحث عن أجوبة مرشحة محتملة تلائم كل دليل. «مشبك» قد تستحضر العديد من الإجابات المختلفة، مثلاً «clasp علّاقة» أو «button زر» أو «pin دبوس» أو «tie عقدة». يحتاج واطسون إلى دراسة كل احتمال تباعاً، وقياس إلى أي مدى يلائم بقية الأدلة. هكذا في حين لن تجد برهاناً على أن كلمة «pin» تلائم «انحناء» أو «انبعاج»، ستجد أن «buckle» ملائمة بلا شك، ما سيزيد من ثقة واطسون فيها كإجابة محتملة. في النهاية، بعد جمع كل البراهين، على واطسون أن يراهن بأمواله المتخيلة على إجابة واحدة.

تحدي لعب الجيوباردي يعتبر تافهاً مقارنة بتشخيص الأمراض، لكن التشخيص يتطلب بعضاً من نفس الأدوات المنطقية. تخيل أن تذهب إلى الطبيب شاكياً من خسارة وزن غير مقصودة ومغص بالإضافة إلى حرقة في المعدة. قياساً على لعب الجيوباردي، التحدي هو إيجاد تشخيصات محتملة (ردود) قد تفسر الأعراض (الأدلة)، والبحث عن مزيد من البراهين على كل منها، وتحديث الثقة في كل إجابة بعينها كلما صارت المعلومات متوفرة أكثر. يسمي الأطباء هذا تشخيصاً، ويسميه علماء الرياضيات استدلال بايزي[*] Bayesian inference.

حتى بعد بناء واطسون بطل الجيوباردي بنجاح، لم يكن بناء واطسون عبقري الطب مهمة سهلة. برغم ذلك، عندما أعلنت IBM عن خططها للخوض في الرعاية الصحية، لم يتردد مطوّروها في تقديم وعود ضخمة. فقد أخبروا العالم بأن هدف واطسون النهائي هو «القضاء على السرطان»[173]، واستأجروا الممثل الشهير جون هام John Hamm ليروّج أنه «من أقوى الأدوات التي صنعها جنسنا على الإطلاق».

إن تلك الرؤيا الطبية الطوباوية، بلا شك، ملهمة لنا جميعاً، غير أن واطسون -مثلما تعلّم بالفعل على الأرجح- لم يرقَ لمستوى الضجة المثارة حوله.

أُنهي أول عقد مرموق مع مركز إم. دي. أندرسون للسرطان M. D. Anderson Cancer Center بجامعة تكساس في 2016. تقول

*- المزيد عن هذا في فصل (في السيارات).

الشائعات إنه حتى بعدما أنفقوا 62 مليون دولار على التقنية [174]، وأربع سنوات على العمل عليها، ظل واطسون غير قادر على عمل أي شيء خارج الاختبارات المبدئية تحت الإشراف الشديد. ثم في أواخر سبتمبر 2017، نصّ تحقيق أجراه موقع الأخبار الصحية STAT أن واطسون كان «لا يزال يعاني مع الخطوة الأساسية، حيث يتعلم التفرقة بين أنواع السرطان المختلفة» [175].

أوّاه!

من الإنصاف القول إن أخباره لم تكن كلها سيئة. في اليابان، تمكن واطسون من تشخيص امرأة بنوع نادر من اللوكيميا [سرطان الدم] عندما لم يستطيع الأطباء أن يفعلوا [176]. وأدى أحد تحاليله لاكتشاف خمسة جينات مرتبطة بمرض العصبون الحركي motor neurone disease أو[177] ALS. لكن في المجمل، لم يستطع مبرمجو IBM من تحقيق وعود فريقهم التسويقي المتحمس.

من العسير ألّا تتعاطف مع أي من يحاول بناء مثل تلك الآلة. نظرياً، يمكن بناء آلة بوسعها تشخيص الأمراض (بل وتقديم خطط علاج منطقية للمرضى أيضاً). ذلك هدف جدير بالإعجاب، لكنه أيضاً في غاية الصعوبة. أصعب بكثير من لعب الجيوباردي، وأصعب بكثير جداً من التعرف على الخلايا السرطانية في صورة.

قد تبدو آلة تشخيص لكل الأغراض على بعد خطوة منطقية بسيطة من خوارزميات التعرف على الخلايا السرطانية في الصور التي قابلناها من قبل، لكن لتلك الخوارزميات أفضلية كبرى: إنها تفحص الخلايا الفعلية التي قد تكون سبباً للمشكلة.

فـي المقابل لا تحصـل آلـة التشـخيص إلا علـى معلومـات منفصلـة عـن المسـألة الأساسـية بعـدة خطـوات.

قـد يشـعر المريـض بوخـز وتنميـل سـبّبه تشـنج عضلـي سـبّبه عصـب مضغـوط سـبّبه الإفـراط فـي رفـع الأثقـال. أو قـد يخـرج الـدم مـع فضلاتـه بسـبب داء البواسـير الـذي سـببه إمسـاك سـببته حميـة فقيـرة. علـى الخـوارزم (أو الطبيـب) أن يأخـذ أحـد الأعـراض ويتتبعـه عكسـياً ليصـل إلـى تشـخيص صحيـح. هـذا مـا كان علـى واطسـون فعلـه. مهمـة فـي غايـة العسـر.

وهناك مشاكل أخرى أيضاً.

أتذكـر شـبكة الكلب/الذئـب العصبيـة؟ تدريبهـا كان سـهلاً. كل مـا كان علـى المبرمجيـن فعلـه هـو إيجـاد كومـة صـور معنونـة بـ«كلاب» أو «ذئـاب» وتغذيتهـا بهـا، مجموعـة البيانـات كانـت بسـيطة غيـر مبهمـة. لكـن، مثلمـا أخبـر عالـم الأمـراض الحاسـوبي تومـاس فوكـس Thomas Fuchs منصـة إم. آي. تـي. تكنولوجـي ريفيـو MIT Technology Review: «فـي نطـاق متخصّـص مـن الطـب، قـد تحتـاج لخبـراء تدربـوا لعقـود حتـى يسـتطيعوا عنونـة البيانـات التـي تغـذي بهـا الكمبيوتـر كمـا ينبغـي»[178].

قـد تبـدو تلـك كمشـكلة قابلـة للتجـاوز عندمـا يتعلق الأمـر بسـؤال محـدود التركيـز (مثـل تصنيـف شـرائح مـرض سـرطان الثـدي إلـى «حميـد تمامـاً» و«شـديد الخبـث»). لكـن آلـة تشـخيص واسـعة النطـاق مثـل واطسـون تحتـاج نظريـاً لفهـم كل مـرض ممكـن. يتطلـب هـذا جيشـاً مـن المعالجيـن البشـر مرتفعـي الكفـاءة إلـى أقصـى حـدّ، مجهزيـن لتغذيـة الآلـة بمعلومـات عـن المرضـى وخصائصهـم

الدقيقة، لزمن طويل جداً. وهؤلاء الناس مشغولون عادة بأمور أخرى، مثل إنقاذ حياة المرضى فعلياً.

ثم نصل إلى المشكلة الأخيرة، والعسيرة.

### مشكلة البيانات

كانت تامارا ميلز Tamara Mills لا تزال رضيعة عندما لاحظ والداها لأول مرة أن ثمة خطأ ما في تنفسها. وبعد أن صار عمرها 9 أشهر، شخّصها الأطباء بالربو، المرض الذي يصيب 5.4 مليون شخص في المملكة المتحدة و25 مليون في الولايات المتحدة [179]. ورغم أن تامارا كانت أصغر من أغلب المرضى، إلا أن أعراضها كانت مقدورٌ عليها في أعوام حياتها المبكرة، وكبرت مثل أي طفل آخر بهذه الحالة، تقضي طفولتها في اللعب بالقرب من البحر في شمال إنجلترا (وإن كان ذلك بصحبة بخاخ ربو في يدها).

عندما أصبحت في الثامنة، أُصيبت تامارا بوعكة إنفلونزا خنازير سيئة. سيتضح أن تلك كانت نقطة تحول في صحتها. منذ تلك اللحظة فصاعداً، ستتتالى على صدرها عدوى تلو أخرى. أحياناً، إبان أزمات الربو، كانت شفتاها تزرقان. لكن مهما أخذتها أمها للطبيب في المستشفى المحلية، مهما اشتكى والداها من أنها كانت تستهلك مخزونها من البخاخات بأسرع مما يصفها لها الأطباء من جديد [180]، فلم يحِلها أي من الأطباء لمتخصص.

في المقابل أدركت أسرتها ومعلموها أن الأمور تسوء. بعد نوبتين شبه مميتتين أودتا بتامارا إلى المستشفى، سُمح لها بالتغيب عن دروس اللياقة البدنية في المدرسة. وعندما باتت

السلالم في البيت أكثر من قدرتها على التحمل، ذهبت للحياة مع جديها في منزلهما ذي الطابق الواحد.

في 10 أبريل 2014، تعرضت تامارا لعدوى صدر أخرى. وجدها جدها في هذه الليلة تكافح لتتنفس. اتصل بالإسعاف وحاول مساعدتها بأقصى وسعه ببخاختيها وأنبوبة أوكسجين. استمرت حالتها في التدهور. وماتت تامارا لاحقاً في تلك الليلة في سن الثالثة عشرة.

ليس الربو عادةً مرضاً مميتاً، برغم ذلك يموت منه كل عام في المملكة المتحدة 1200 شخص، 26 منهم أطفال [181]. قُدّر أن ثلثي هذه الوفيات يمكن منعها، مثلما في حالة تامارا. لكن ذلك المنع يعتمد بالكامل على ملاحظة إشارات التحذير والتصرف على أساسها.

في الأعوام الأربعة المؤدية لنوبتها الأخيرة القاتلة، زارت تامارا الأطباء المحليين والمستشفى 47 مرة على الأقل. بات من الواضح أن خطة علاجها لا تعمل، برغم ذلك كلما قابلت متخصصاً رعاية صحية، كان يعالج المشكلة الفورية فقط. لم ينظر أحد للصورة الكاملة، لم يلاحظ أحد النمط المتكرر في زياراتها، لم ينتبه أحد لتدهور حالتها المستمر، لم يقترح أحد أن الوقت قد حان لتجربة شيء جديد [182].

كان ثمة سبب لهذا. صدق هذا أو لا تصدقه (أي شخص يعيش هنا سيصدق على الأرجح)، الخدمة الصحية الوطنية NHS بالمملكة المتحدة لا تربط سجلات رعايتها الصحية معاً بشكل افتراضي. إن وجدت نفسك في إحدى مستشفياتها، لن يعرف

الأطباء أي شيء عن أية زيارة سابقة قمت بها للممارس العام المحلي. لا تزال كثير من السجلات محفوظة في أوراق، ما يعني أن طريقة مشاركتها بين الأطباء لم تتغير منذ عقود. هذا أحد أسباب السمعة السيئة التي تتمتع بها الخدمة الصحية، كأكبر مشترٍ لآلات الفاكس في العالم [183].

بقدر ما يبدو ذلك جنوناً، إلا أننا لسنا الوحيدين. لدى الولايات المتحدة كثير من الأطباء الخصوصيين وشبكات عملاقة من المستشفيات لا يتصل بعضها بالآخر. ورغم أن بعض البلاد، مثل ألمانيا، بدأت في بناء سجلات إلكترونية للمرضى، إلا أن ذلك لا يزال أبعد ما يكون عن العادي في باقي العالم. بالنسبة لتامارا ميلز، كان الافتقار لتاريخ صحي متصل وحيد يعني أن من المستحيل على أي طبيب بمفرده أن يفهم بالكامل خطورة حالتها. أي حلّ لتلك الثغرة العميقة سيكون للأسف متأخراً جداً بالنسبة لتامارا، لكنه يبقى تحدياً ضخماً لمستقبل الرعاية الصحية. آلة مثل واطسون قد تساعد في إنقاذ العديد مثل تامارا، لكنها ستكون قادرة على إيجاد الأنماط في البيانات فقط إن كانت تلك البيانات مجمعة ومرتبة ومتصلة.

هناك تناقض صارخ بين قواعد البيانات الغنية المفصلة التي لدى سماسرة البيانات والبيانات المتناثرة المنفصلة لدى الرعاية الصحية. حتى الآن البيانات الصحية في حالة فوضى. حتى عندما تُخزن سجلاتنا الصحية المفصلة في مكان واحد (وهو نادراً ما يحدث)، تكون البيانات نفسها في أشكال كثيرة تجعل من المستحيل فعلياً ربط المعلومات بشكل مفيد للخوارزم. ثمة

صور أشعة يجب أخذها في الاعتبار وتقارير يجب تضمينها، وجداول ووصفات وملاحظات، والقائمة تطول. ثم هناك مشكلة كيفية تسجيل البيانات المكتوبة. تحتاج لأن تكون قادراً على فهم الاختصارات وفك شفرات الكتابة اليدوية وتمييز احتمالات الخطأ البشري. كل ذلك قبل حتى أن تصل إلى الأعراض. أيعني ذلك الشخص بـ «برد» درجة حرارة منخفضة؟ أو «برد» بمعنى أنه مصاب بالسعال؟ هل معدة هذا الرجل «بتموته» حرفياً؟ أم أنها تؤلمه قليلاً؟ القصد هو أن الطب معقّد جداً جداً، وكل طبقة من التعقيد تجعل اختراق البيانات بالنسبة للآلة أصعب بقليل [184].

ليست IBM هي الشركة العملاقة الوحيدة التي عانت من مشكلة بيانات الرعاية الصحية العشوائية. ففي 2016، وقّع ديب-مايند DeepMind، ذراع الذكاء الاصطناعي لغوغل، عقداً مع مؤسسة رويال فري تراست Royal Free Trust التابعة للرعاية الصحية الوطنية بلندن. مُنح ديب-مايند قابلية وصول إلى البيانات الطبية لثلاث من مستشفيات المدينة، مقابل تطبيق بوسعه مساعدة الأطباء في الكشف عن إصابات الكُلى الحادة. النية المبدئية كانت استخدام التعلم الذكي للخوارزميات في مساعدة الرعاية الصحية. لكن الباحثين وجدوا أن عليهم كبح جماح طموحهم واختيار هدف أبسط بكثير، لأن البيانات لم تكن جيدة كفاية للوصول إلى أهدافهم الأصلية.

فيما يتجاوز هذه التحديات العملية البحتة، أثار تعاون ديب-مايند مع الرعاية الصحية مسألة أكثر إثارة للجدل. وعد الباحثون فقط بتنبيه الأطباء لإصابات الكلى، لكن رويال فري لم

تمتلك مجموعات بيانات عن الكلى لتقديمها. وبدلاً من ذلك مُنح ديب-مايند قابلية الوصول إلى كل ما تحتويه السجلات: التواريخ الطبية لـ 1.6 مليون مريض، تغطي فترة خمسة أعوام.

نظرياً، قد يساعد امتلاك هذا الكم المذهل من المعلومات في إنقاذ عدد لا يحصى من الحيوات. تقتل إصابات الكلى الحادة ألف شخص كل شهر، وامتلاك بيانات تغطي كل ذلك النطاق الزمني ربما يساعد ديب-مايند في التعرف على مؤشرات تاريخية مهمة. بالإضافة إلى قاعدة بيانات واسعة، بما أن إصابات الكلى الحادة تشيع أكثر بين المصابين بأمراض أخرى، قد تجعل البحث عن روابط وأدلة على صحة الناس في المستقبل أسهل بكثير.

لكن عوضاً عن الحماس، قوبلت أخبار المشروع بغضب عارم. وليس بدون سبب. إعطاء ديب-مايند صلاحية الوصول لكل ما في السجلات يعني بالضبط ذلك. صارت الشركة تعرف من الذي دخل المستشفى ومتى، ومن زار المرضى خلال إقامتهم، ونتائج التحاليل المرضية والاختبارات الإشعاعية، ومن التي مرت بإجهاض، ومن الذي أصابه اكتئاب، ومن شُخّص بالإيدز. والأسوأ من ذلك كله؟ لم يُسأل المرضى قط إن كانوا موافقين، ولم يُمنحوا خيار الرفض، ولم يُقَل لهم حتى أنهم سيكونون جزءاً من الدراسة [185].

جدير بالذكر أن غوغل كانت ممنوعة من استخدام هذه المعلومات في أي جانب آخر من نشاطاتها. وأن تاريخها في حماية البيانات، على سبيل الإنصاف، أفضل بكثير من خدمة الرعاية الصحية، التي عطل مستشفياتها فيروس كوريا الشمالية رانسوم-

ويـر ransom-ware فـي 2017 لأنهـم كانـوا لا يزالـوا يسـتخدمون نظام تشغيل ويندوز إكس. بي. Windows XP [186]. حتى مع ذلك، يبقـى هنـاك شـيء مُقلـق فـي أن تملـك شـركة تقنيـة رائـدة فائقـة القـوة بالفعل قابليـة وصـول لهـذا النـوع مـن المعلومـات عنـك كفـرد.

## مشكلة الخصوصية

لنتحـدث بصراحـة، لا تفتقـر غوغـل للمعلومـات الخاصـة، بـل والحميميـة، عـن كل منـا. لكـن ثمـة شـعور غريـزي مختلـف -وسـرّي علـى وجـه الخصـوص- فيمـا يتعلـق بسـجلاتنا الطبيـة.

قـد لا يبـدو ذلـك واضحـاً علـى الفـور بالنسـبة لأي شـخص صحتـه علـى مـا يـرام، فـي النهايـة، إن مُنحـت الخيـار بيـن الإفصـاح للعالـم عـن سـجلك الطبـي وتاريـخ تصفحـك، أيهمـا تفضـل؟ أعلـم أنـي سـأختار الأول بـلا تـردد، وأظـن أن كثيريـن غيـري سـيفعلون المثـل. ليـس الأمـر وكأن هنـاك شـيئاً مثيـراً خاصـاً أرغـب فـي إخفائـه. لكـن أحدهمـا ليـس إلا لقطـة باهتـة لذاتـي البيولوجيـة، بينمـا الآخـر هـو نافـذة مباشـرة علـى شـخصيتي.

حتـى وأن كانـت بيانـات الرعايـة الصحيـة قـد تسـبب إحراجـاً أقل، تُجـادل تيمانـدرا هاركنـس Timandra Harkness، مؤلفـة (البيانـات العملاقـة: هـل يفـرق الحجـم؟ Big Data: Does Size Matter) ومقدمـة برنامـج (إثبـات المسـتقبل Future Proofing) علـى راديـو BBC4، أن تلـك لا تـزال حالـة خاصـة.

قالـت لـي: «فـي البدايـة، تتضمـن البيانـات الطبيـة لكثيـر مـن النـاس سـرداً لحياتهـم. مثـلاً؛ واحـدة مـن كل ثـلاث نسـاء فـي

بريطانيا مرت بإجهاض، ربما يكون هناك أناس في حياتهن لا يعلمون بذلك». أشارت أيضاً إلى أن بياناتك الصحية لا تتعلق بك وحدك. «إن امتلك أحدهم بياناتك الجينية، فهو سيعلم أيضاً عن والديك وإخوانك وأبنائك». وما أن يخرج ذلك، فلا تراجع عنه. «ليس بوسعك تغيير بيولوجيتك أو إنكارها. إن عرف أحدهم عن حمضك النووي فلا تستطيع تغييره. تستطيع أن تغير وجهك بجراحة تجميلية، تستطيع ارتداء قفازات لحماية بصماتك، لكن حمضك النووي يظل هناك، يرتبط بك على الدوام».

لِمَ يهم ذلك؟ أخبرتني تيماندرا عن مجموعة تركيز focus group ترأّستها في 2013، سُئل فيها أناس عاديون عن أكثر ما يقلقهم بخصوص بياناتهم الطبية. «في المجمل، لم يكن الناس قلقين من اختراق بياناتهم أو سرقتها. كانوا قلقين من صدور أحكام عليهم كمجموعة، ثم اسقاطها على كل فرد منهم».

والأهم من ذلك، كانوا خائفين من الكيفية التي قد تُستخدم بها بياناتهم ضدهم. «لنفترض أن أحدهم ربط بيانات بطاقة عضويته في السوبر ماركت بسجلاته الطبية. قد يذهب لإجراء جراحة في الفخذ فيخبره الطبيب: أوه، أنا آسف، نرى هنا أنك كنت تبتاع كثيراً من البيتزا أو كثيراً من السجائر، لذا أنا مضطر للأسف إلى إعادتك مرة أخرى لقائمة الانتظار».

ذلك تخوّف منطقي في المملكة المتحدة، حيث بعض مستشفيات الرعاية الصحية محدودة الميزانية تعطي بالفعل أولوية عمليات الركبة والفخذ لغير المدخنين[187]. وفي بلاد عديدة حول العالم يمكن رفض التأمين على المرضى أو علاجهم لبدانتهم [188].

ثمة معضلة هنا. قد يجد الجنس البشري منفعة هائلة في توفير سجلاتنا الطبية للخوارزميات. ليس على واطسون أن يظل حلماً. لكن لتحويله إلى حقيقة، علينا أن نسلم سجلاتنا لشركات غنية بما يكفي لتجرنا في طريق التحديات الذي يكمن بيننا وبين الطبيب الإلكتروني السحري. وبتخلينا عن خصوصيتنا سنكون معرضين لخطر افتضاحها أو سرقتها أو استخدامها ضدنا. هل أنت مستعد لتلك المخاطرة؟ أتؤمن أن في الخوارزميات فائدة تستحق تضحيتنا بخصوصيتنا؟

أو، إن وصل الأمر لهذه النقطة، هل ستهتم أساساً؟

**التبرع الجيني**

كان فرانسيس غالتون Francis Galton خبيراً إحصائياً وعالم وراثة بشرية وأحد ألمع رجال جيله في العصر الفيكتوري، وكان ابن عمّ بعيد لتشارلز داروين Charles Darwin. وكان لكثير من أفكاره تأثير عميق على العلم المعاصر، خاصة عمله الذي وضع أساس علم الإحصاء المعاصر. لذلك ندين لغالتون بكثير من الامتنان. (لسوء الحظ، كان نشطاً أيضاً في حركة تحسين النسل eugenics المزدهرة، من أجل ذلك لا ندين له بأي شيء).

أراد غالتون دراسة السمات البشرية من خلال البيانات، وقد علم حتى في زمنه أنك بحاجة لكثير منها لتعلم أي شيء ذي قيمة. وعرف أيضاً أن عند الناس فضولاً لا يشبع عن أجسادهم. أدرك -عندما كان يسلك الطريق الصحيح- أن شهية الناس النهمة لتقييم ذواتهم من قِبل خبير قد تفوق رغبتهم في الخصوصية.

بالإضافة إلى أنهم غالباً مستعدون للدفع مقابل تغذيتها.

وهكذا، في عام 1884، عندما أُقيم معرض ضخم في لندن تحت رعاية الملكة فيكتوريا للاحتفاء بالتقدم الذي حققته بريطانيا في الرعاية الصحية، رأى غالتون فيه فرصته. فأقام على نفقته الخاصة منصة في المعرض، أطلق عليها (معمل القياسات البشرية Anthropometric Laboratory)، على أمل أن يجد القليل من بين زوار المعرض الملايين، الذين يرغبون في دفع بعض النقود مقابل قياسهم.

وقد وجد أكثر من القليل. فقد وقف المقامرون في صفوف واحتشدوا خارج بابه، متلهفين على دفع ثلاثة بنسات مقابل دخول المعمل. وما أن يدخلوا، فبوسعهم اختبار مهاراتهم في مواجهة سلسلة من الأدوات المصممة بعناية لاختبار حدة بصرهم ودقة عيونهم وقوة الشد والضغط وسرعة الضرب، وأشياء أخرى. شعبية معمل غالتون كانت واسعة لدرجة أنه اضطر لإدخال شخصين في المرة الواحدة. (لاحظَ بسرعة أن من الأفضل فصل الآباء عن الأطفال خلال الاختبار، لتجنب الوقت الضائع في الكبرياء المجروح. علّق على ذلك في مقاله بعد نهاية الحدث: «لم يحب الكبار أن يغلبهم الصغار، وأصروا على إعادة الاختبارات»)[190].

مهما كان أداء الفرد جيداً أم سيّئاً، تُدوّن نتائجه على بطاقة بيضاء يحتفظ بها كتذكار. لكن الفائز الحقيقي كان غالتون، فقد غادر المعرض وبحوزته نسخة كاملة من كل شيء -مجموعة مقاييس حيوية قيّمة لـ 9337 شخصاً- وربح طيّب جداً.

تقدم 130 سنة في الزمن إلى الأمام وربما تلاحظ بعض التشابهات بين معمل غالتون وبين موضة الاختبارات الجينية الحالية. مقابل السعر المغري: 149 جنيه إسترليني، بوسعك إرسال عينة من لعابك إلى شركة دراسة الجينات والتكنولوجيا الحيوية 23andMe، لتحصل على تقرير عن سماتك الجينية يتضمن إجابات على أسئلة مثل: ما نوع شمع أذنك؟ وهل عندك جينات الحاجب المتصل؟ [191] أو الجين الذي يجعلك تعطس عندما تنظر للشمس؟ [192] وبعض الأسئلة الهامة أيضاً: هل أنتِ عرضة لسرطان الثدي؟ هل لديك ميل جيني مسبق لمرض الزهايمر؟ [193].

في الآن ذاته، راكمت الشركة بمهارةٍ قاعدة بيانات هائلة من المعلومات الجينية تصل الآن لملايين العينات. ذلك بالضبط ما يفعله عمالقة الإنترنت، باستثناء أنها تعرض شفراتنا الجينية كجزء من الصفقة، نحن نقدّم أكثر بياناتنا خصوصية. النتيجة هي قاعدة بيانات ننتفع كلنا منها. فهي بمثابة الأصول مرتفعة القيمة لما تمثله من احتمال لتطوير فهمِنا لعلم الجينات البشرية. المؤسسات الأكاديمية وشركات الأدوية والجهات غير الربحية من جميع أنحاء العالم تتسابق للشراكة مع 23andMe، للبحث عن أنماط في بياناتهم -باستخدام الخوارزميات وبدونها- أملاً في الإجابة على الأسئلة الكبرى التي تؤثر فينا جميعاً: ماهي الأسباب الوراثية لمختلف الأمراض؟ أيمكن اختراع أدوية جديدة بوسعها علاج الناس من حالات معينة؟ أهناك طريقة أفضل لعلاج داء باركنسون Parkinson's disease؟

إن قاعدة البيانات تلك قيّمة أيضاً بالمعنى الحرفي للكلمة. ورغم أن في تلك الأبحاث منفعة هائلة للمجتمع، إلا أن 23and-Me لا تفعل ذلك لطيبة قلبها. فإن منحتَها موافقتك (وكذلك يفعل 80% من زبائنها)، ستبيع الشركة نسخة مجهّلة من بياناتك الجينية لشركاء البحث السابق ذكرهم مقابل ربح جيد [194]. إن ما يربحونه من أموال ليس علاوة زائدة لطيفة، بل أن تلك هي بالفعل خطتهم العملية. قال أحد أعضاء مجلس إدارة 23and-Me لمجلة فاست كومباني Fast Company: «اللعبة طويلة المدى هنا ليست التربّح من وراء بيع الاختبارات، حتّى وأن كانت تلك الاختبارات أمراً محورياً للحصول على المستوى الأساسي من البيانات». شيء يجدر بك أن تذكّره كلما تلقّيت تقريراً جينياً تجارياً: أنت لا تستخدم منتجاً، بل إن المُنتج هو أنت [195].

على سبيل التحذير. كنت أيضاً سأكون قلقة قليلاً من الوعود سرية الهوية تلك. استطاع شاب في [196] 2005 كان قد وُلد من متبرع بنطفة مجهول تماماً، أن يتتبّع ويحدد هوية والده بالولادة عبر إرسال مسحة لعاب لتحليلها، وتتبع أدلة في شفرته الجينية [197]. ثم في 2013، في ورقة بحثية شهيرة، أوضح مجموعة من الأكاديميين إمكانية تحديد هوية ملايين الناس من خلال جيناتهم باستخدام كمبيوتر منزلي وبعض من مهارة البحث على الإنترنت فقط [198].

وثمة سببٌ آخر لماذا قد لا ترغب في وجود شفرتك الجينية في أية قاعدة بيانات. بينما توجد قوانين لحماية الناس من أسوأ أنواع التفرقة الجينية -هكذا لسنا متجهين إلى مستقبل يُحكم

فيه على بيتهوفين أو ستيفن هاوكينج بِناءً على نزوعهم الجيني المسبق لا مواهبهم- لا تنطبق هذه القواعد على تأمين الحياة. لا يستطيع أحد إرغامك على اختبار شفرتك الجينية إن كنت لا تريد، لكن في الولايات المتحدة، بوسع شركات التأمين سؤالك إن كنت قد خضعت لاختبار يحسب مخاطرة إصابتك بمرض معين مثل باركنسون أو الزهايمر أو سرطان الثدي، ورفض طلبك للتأمين على الحياة إن لم تعجبهم إجابتك. وفي المملكة المتحدة يُسمح لشركات التأمين أخذ نتائج الاختبار الجيني لداء هنتنفتون Huntington's disease في الاعتبار (إن كان التأمين يغطي أكثر من 500.000 جنيه إسترليني) [199]. بوسعك أن تقرر الكذب بالطبع وادعاء أنك لم تمرّ بأي اختبار، لكن بفعل ذلك ستكون قد خالفت بوليصتك. إن الوسيلة الوحيدة لتجنب ذلك التمييز هي عدم أخذ الاختبار في المقام الأول. أحياناً، الجهل نعمة فعلاً.

الحقيقة هي أن لا توجد أية بيانات فيما يخص فهمنا لصحتنا ذات القيمة التي تفوق قيمة التسلسل الجينومي لملايين الأشخاص. لكن مع هذا أنا على الأرجح لن أخضع لاختبار جيني في أي وقت قريب. وبرغم ذلك (بفضل المجتمع) فقد فعلها ملايين الأشخاص طواعية متبرعين ببياناتهم. يقول آخر إحصاء أن 23andMe لديها أكثر من مليوني نمط جيني للعملاء [200]، بينما موقع ماي-هيرتج MyHeritage وموقع أنسيستري دوت كوم Ancestry.com -وحتى مشروع الناشيونال جيوغرافي الجينوغرافي National Geographic Genographic project- لديها ملايين أكثر. لذا،

ربما هذه المعضلة ليست كذلك. في النهاية قال السوق كلمته: إن فرصة المساهمة للصالح العام لا تستحق تقديم خصوصيتك، لكن اكتشاف أنك ذو جذور فايكينغ بنسبة 25% يستحق بالتأكيد(*).

**الصالح العام؟**

حسناً، أنا أمزح. لا يمكن أن نتوقع من أي شخص الإبقاء على تحديات مستقبل الرعاية الصحية الإنسانية العظمى في مقدمة تفكيره عندما يقرر إن كان سيشارك في اختبار جيني أو لا. في الواقع من المفهوم تماماً كيف أن الناس لا يفعلون، فأولوياتنا جميعاً مختلفة، بالنسبة لنا كأفراد، وبالنسبة للجنس البشري ككل.

لكن هذا يصل بنا لنقطة أخيرة ومهمة. إن صار من الممكن بناء آلة تشخيص قادرة على ترشيح خطط علاجية، فمن يجب أن تخدم؟ الفرد أم المجتمع؟ لأنه ستكون هناك أوقات سيتحتم عليها فيها أن تختار.

تخيل مثلاً أن تذهب إلى الطبيب بسعال مزعج. ستتحسن على الأرجح من تلقاء نفسك، لكن إن كانت الآلة في خدمتك -كمريض- فقد ترسلك لإجراء أشعة سينية وفحص دم على سبيل الاحتياط الزائد. وعلى الأرجح ستصف لك مضادات

---

*- لا يمكنك في الواقع أن تعرف إن كان أحدهم من الفايكينغ أو لا، كما أخبرني صديقي مختص الجينات أدم روذرفورد Adam Rutherford بالتفصيل. أنا قلت ذلك فقط لأثير غيظه. لفهم العلم الكامن خلف السبب، أقرأ كتابه:
A Brief History of Everyone Who Ever Lived: The Stories in Our Genes (London: Weidenfeld & Nicolson, 2016).

حيوية أيضاً إن طلبتها. حتى لو قللَت تلك من آلامك أياماً قليلة فقط، فسيقرر الخوارزم أن وصفها يستحق، طالما كان هدف الآلة الوحيد هو صحتك وراحتك.

لكن إن بُنيت الآلة لخدمة المجتمع ككل، فإنها ستكون واعية إلى حدّ بعيد بالمسائل المُثارة حول مقاومة المضادات الحيوية. ما دمتَ لست في خطر محدق، فإن انزعاجك المؤقت سيبدو بالمقارنة بسيطاً، وسيصف الخوارزم الأدوية فقط عندما لا يكون ثمة مناص. خوارزم كهذا سيكون واعياً أيضاً بإضاعة الموارد أو قوائم الانتظار الطويلة، لهذا لن يرسلك لإجراء مزيد من الفحوصات إلا لو ظهرت عليك أعراض لشيء أكثر خطورة. بصراحة، سيخبرك على الأرجح أن تأخذ بعض الأسبرين والتوقف عن كونك طفلاً باكياً.

بالمثل، قد تضع الآلة التي تعمل لصالح الجميع، أولوية «إنقاذ أكبر عدد من الحيوات بقدر الإمكان» كهدفها الأساسي عندما تقرر من الذي يجب أن يتلقى تبرعاً بعضو. وبالتالي فقد تختلف خطة العلاج الناتجة عنها عن تلك التي تنتجها آلة هدفها الوحيد هو صالحك.

آلة تعمل لصالح خدمة الرعاية الصحية أو شركة تأمين قد تقلل النفقات بقدر الإمكان، بينما أخرى مصممة لخدمة شركة أدوية قد تهدف لترويج استخدام دواء بعينه بدلاً من آخر.

الوضع في حالة الطب، أقل توتراً من أمثلة العدالة الجنائية. لا يوجد دفاع أو ادعاء هنا، الكل في نظام الرعاية الصحية يعمل في سبيل الهدف ذاته؛ شفاء المريض. لكن حتى هنا فلكل أطراف المعادلة أهداف مختلفة قليلاً.

في أيٍّ من أوجه الحياة التي تقتحمها الخوارزميات، سيكون هناك دوماً نوع من التوازن؛ ما بين الخصوصية والصالح العام، ما بين الفرد والجماعة، ما بين التحديات المختلفة والأولويات. وعليه فأن إيجاد الطريق عبر غابة من البواعث ليس سهلاً، حتى لو كانت الجائزة في النهاية هي رعاية صحية أفضل للجميع.

لكنه يكون أكثر صعوبة عندما تكون البواعث المتنافسة مخفية عن المشهد. عندما يُبالَغ في إظهار منافع الخوارزم بينما المخاطر المقابلة مُبهمة. عندما يكون عليك أن تسأل نفسك عن ماهية ما يُطلب منك تصديقه، وعن الرابح الحقيقي إن فعلت.



## في السيارات

كانت الشمس بالكاد فوق خط الأفق في مستهل صباح 13 مارس 2004، لكن حانة سلاش أكس. سالون Slash X saloon في قلب صحراء موهافي Mojave، كانت محتشدة بالناس بالفعل [201]. كانت الحانة في ضواحي بارستاو Barstow، وهي مدينة صغيرة بين لوس أنجلوس ولاس فيغاس، بالقرب من حيث خرجت أوما ثورمان Uma Thurman زاحفة من التابوت في تصوير فيلم (اقتل بيل الجزء الثاني) [202] Kill Bill II. للمكان شعبية بين رعاة البقر وركاب وسيارات الطرق الوعرة، لكن في ذلك اليوم الربيعي كان قد جذب الانتباه حشدٌ من نوع آخر. الاستاد المرتجل المبني في الخارج على التراب، كان حافلاً بالمهندسين المجانين والمشاهدين المتحمسين وعشاق السيارات المغامرين، يتشاركون جميعاً الحلم نفسه: أن يكونوا أول ناس على الأرض يشهدون سيارة بلا سائق تفوز بسباق.

نظمت السباق وكالة مشاريع البحوث الدفاعية المتقدمة الأمريكية، أو داربا DARPA (التي يطلق عليها قسم «العلوم المجنونة» في البنتاغون) [203]. كانت الوكالة مهتمة بالسيارات بدون سائق منذ فترة، ولسبب وجيه: القنابل على قارعة الطريق والهجمات المستهدفة للسيارات العسكرية، هما من أكبر مسببات الموت في المعركة. وكانت قد أعلنت سابقاً في العام ذاته نيتها

لجعـل ثلـث القـوات العسـكرية الأمريكيـة الأرضيـة ذاتيـة القيـادة بحلـول عـام [204] 2015.

حتـى تلـك النقطـة، كان التطـور بطيئـاً ومكلفـاً. أنفقـت داربـا حوالـي نصـف مليـار دولار علـى مـدى عقديـن، فـي تمويـل أعمـال البحـث بالجامعـات والشـركات، أمـلاً فـي تحقيـق طموحهـا [205]. لكن حينهـا راودتهـا فكـرة عبقريـة: لـم لا نجعلهـا مسـابقة؟ فسـترسـل الوكالـة دعـوة مفتوحـة لـكل المهتميـن بتصميـم سـياراتهم الخاصـة ذاتيـة القيـادة فـي البلـد، وتجعلهـم يتسـابقون فيمـا بينهـم علـى مسـار طويـل، بجائـزة قدرهـا مليـون دولار تنتظـر الفائـز [206]. سـيكون ذلـك أول حـدث مـن نوعـه فـي العالـم، وطريقـة رخيصـة سـريعة توفـر لداربـا أسـبقية فـي مسـعاها.

امتـد المسـار علـى مـدى 142 ميـلاً، ولـم تجعلـه داربـا سـهلاً. كان علـى المتسـابقين التغلـب علـى مطالـع منحـدرة وصخـور ومنخفضـات وأخاديـد وتضاريـس وعـرة ونباتـات صبـار غريبـة. علـى السـيارات عديمـة السـائقين أن تجتـاز الطـرق الرمليـة التـي كان عرضهـا يقـل أحيانـاً إلـى أقـدام قليلـة. وقبـل سـاعتين مـن البـدء، قـدم المنظمـون لـكل فريـق قرصـاً مدمجـاً عليـه إحداثيـات بنظـام تحديـد المواقـع [207] GPS لألفـي وجهـة متناثـرة علـى طـول الطريـق مثـل فتـات الخبـز، كافيـة لإعطـاء السـيارات فكـرة تقريبيـة عـن طريقهـا، لكـن ليسـت كافيـة لمسـاعدتها علـى القيـادة بيـن العواقـب الكامنـة أمامهـا.

التحـدي كان مثبطـاً، لكـن 106 فريـق شـجاع تقـدم إليـه فـي هـذه السـنة الأولـى. تجـاوزت خمسـة عشـر سـيارة متنافسـة الـدورات التأهيليـة، واُعتبـرت آمنـة كفايـة لخـوض المسـار. مـن بينهـا

كانت سيارات تشبه عربات الكثبان، وسيارات تبدو كالشاحنات العملاقة، وسيارات تبدو كالدبابات. وكانت هناك شائعات أن أحد المتسابقين رهن بيته ليبني سيارته، وآخر وضع لوحي تزلج على سطح عربته لتمييزها عن غيرها. بل كانت هناك حتى دراجة نارية ذاتية التوازن [208].

صباح يوم السباق، تجمعت السيارات في صفّ متداع عند سلاش أكس. ومعهم بضعة آلاف مشاهد. تناوبت السيارات بلا أي سائقين فيها على الاقتراب من خط البداية، تبدو كل منها وكأنها تنتمي لأفلام ماد ماكس Mad Max أو المسلسل الكارتوني واكي ريسيس Wacky Races أكثر من التي سبقتها. لكن المظاهر لا تهم؛ كل ما كان عليها فعله هو عبور المسار دون أي تدخل بشري، في أقل من عشر ساعات.

لم تمض الأمور كما خُطط لها. فقد انقلبت سيارة على رأسها في منطقة البداية وتوجّب سحبها [209]. والدراجة النارية بالكاد تجاوزت خطّ البداية قبل أن تقع على جانبها ويُعلن خروجها من السباق. ارتطمت سيارة بحائط خرساني بعد 50 ياردة. اشتبكت أخرى في سياج أسلاك شائكة. أخرى علقت بين نبتتي حشائش متدحرجة -حسبت أنها أجسام ثابتة- وظلت تدور إلى الأمام والخلف حتى تدخّل أحدهم في النهاية [210]. وارتطمت أخريات بالصخور ووقعت في الأخاديد، انكسرت محاور وتمزقت إطارات وتطايرت أجزاء [211]. وصار المشهد حول سلاش أكس. سالون يبدو وكأنه مقبرة روبوتات.

السيارة التي حققت أعلى درجة، هي التي شاركت بها جامعة كارنيغي ميلون Carnegie Mellon University، إذ تمكنت بشكل مثير للإعجاب من عبور سبعة أميال، قبل أن تسيء التعرف على تلّ. عند تلك النقطة بدأت عجلاتها في الدوران، ولعدم وجود مساعدة بشرية استمرت في ذلك حتى اشتعلت [212]. انتهى كل شيء بحلول الساعة الحادية عشر صباحاً. وركب أحد منظمي داربا هليكوبتراً وطار بها إلى خط النهاية، ليخبر الصحافيين المنتظرين أن أياً من السيارات لن تصل إلى هنا [213].

كان السباق مزيتاً مغبراً مدمراً صاخباً، وانتهى دون فائز. عملت كل من تلك الفرق لسنة على ابتكارات لم تعش في أفضل الأحوال إلا دقائق قليلة. لكن المسابقة كانت أبعد ما يمكن عن الكارثة؛ أدى التنافس لعاصفة من الأفكار الجديدة، وبحلول التحدي الضخم التالي في 2005، كانت التكنولوجيا المستخدمة لا تكاد تشبه السابقة لها.

في المرة الثانية، تمكّن كل المشاركين إلا واحداً من تجاوز الأميال السبعة المُحققة في 2004. واستطاعت خمس سيارات مختلفة إنهاء مسافة السباق كاملة: 132 ميلاً، دون أي تدخل بشري [214].

والآن، وبعد أكثر من عقد بقليل، صار من المقبول على نطاق واسع تقبّل مستقبل التنقل في السيارات ذاتية القيادة. في أواخر 2017، أعلن فيليب هاموند Philip Hammond، وزير المالية البريطاني، نية الحكومة في وضع سيارات ذاتية القيادة –دون مسؤول سلامة على متنها– على الطرق البريطانية بحلول 2021. ووعدت شركة دايملر Daimler بسيارات ذاتية القيادة في [215]

2020، وفورد Ford في [216] 2021، وقدّم مُصنّعو سيارات آخرون نبوءات شبيهة.

لقد تجاوز حديث الصحافة التساؤل حول إمكانية وجود سيارات ذاتية القيادة وتحوّل إلى مناقشة التحديات التي سنواجهها عندما تكون موجودة. سألت النيويورك تايمز في يونيو [217] 2016 «أيتوجب على السيارة ذاتية القيادة خبط أحد المشاة لإنقاذ حياتك؟». وفي نوفمبر [218] 2017 «ماذا سيحدث مع حوادث الدهس ومخالفات المرور عندما تصبح سياراتنا هي المتحكمة؟». بينما الفاينانشيال تايمز Financial Times حذرت في يناير [219] 2018 قائلة «الشاحنات متجهة إلى مستقبل ذاتية القيادة: النقابات تحذّر من ضياع وظائف ملايين السائقين».

إذن ما الذي تغير؟ كيف تحولت تلك التكنولوجيا من الهشاشة والتداعي التي كانت عليهما إلى محل تلك الثقة الثورية في غضون سنوات قليلة؟ وهل بوسعنا توقع استمرار ذلك التطور المتسارع على أسس منطقية؟

ماذا حولي؟

يعود حلمنا بسيارة مؤتمتة بالكامل إلى حقبة الخيال العلمي، حيث الأحزمة النفاثة والسفن الفضائية وبدلات الفضاء من أوراق الألومنيوم والأسلحة الإشعاعية. كشفت جينرال موتورز عن رؤيتها للمستقبل في المعرض الدولي بنيويورك عام 1939. ربط زوار المعرض أنفسهم بمقاعد ذات مخارج صوتية مثبتة على حزام ناقل أخذهم في جولة لـ 16 دقيقة حول عالم متخيل [220].

تحت الزجاج، رأوا نموذجاً مصغراً لحلم جينرال موتورز: شبكة طرق سريعة جداً ممتدة على طول وعرض البلاد، وطرق تربط الأراضي الزراعية بالمدن، والشوارع والتقاطعات. ويحوم فوق كل ذلك سيارات مؤتمتة يُتحكم بها عن بعد، قادرة على السفر الآمن بسرعات تصل إلى 100 ميل في الساعة. قال التعليق الصوتي: «غريب؟ مذهل؟ لا يمكن تصديقه؟ تذكروا، هذا هو عالم عام 1960»[221].

على مدار السنوات جرت محاولات عديدة لتحقيق الحلم. حاولت جينرال موتورز مع فاير-بيرد 2 Firebird II في الخمسينيات[222]. حاول باحثون بريطانيون ملائمة سيتروين دي. أس. 19 Citroën DS19 كي تتواصل مع الطريق في الستينيات (لا يزال بإمكانك أن تجد في مكان ما بين بلدة سلاو Slough ومدينة ريدنج Reading كابلاً كهربياً يمتدّ لتسعة أميال، متبقياً من تجاربهم)[223]. وسلسلة ناف-لاب Navlab من جامعة كارنيغي بالثمانينيات، ومشروع الاتحاد الأوروبي يوريكا بروميثيوس Eureka Prometheus الذي كانت ميزانيته مليار دولار في التسعينيات[224]. مع كل مشروع جديد، يبدو حلم السيارات ذاتية القيادة مغرِّراً، كأنه سيتحقق عند المنعطف التالي.

من الخارج، يبدو بناء سيارة ذاتية القيادة وكأنه ممكن أن يكون سهلاً نسبياً. يستطيع أغلب الناس إتقان المهارات اللازمة للقيادة. بالإضافة إلى أن ثمة مُخرَجَين فقط: السرعة والاتجاه. المسألة فقط هي السماح بأي قدر من الوقود أو إلى أي مدى تدير عجلة القيادة. أين الصعوبة في ذلك؟

لكن، مثلما أوضح تحدي داربا الكبير الأول، فإن بناء سيارة مؤتمتة بالكامل هو في الواقع أصعب بكثير مما يبدو عليه. سرعان ما تتعقد الأمور عندما تحاول جعل خوارزم يتحكم في كتلة معدنية كبيرة تسير بسرعة 60 ميل في الساعة.

خذ عندك الشبكات العصبية المستخدمة بنجاح معقول في الكشف عن الأورام في أنسجة الثدي، ربما تظن أنها ستكون مناسبة جداً لمساعدة تكنولوجيا السيارات ذاتية القيادة في «رؤية» ما يحيط بها. بحلول 2004، كانت الشبكات العصبية (برغم أنها كانت بدائية قليلاً مقارنة بنسخها المعاصرة شديدة الإتقان) تعمل بالفعل في النماذج الأولية من السيارات ذاتية القيادة [225] على محاولة استخلاص معنى من الكاميرات المثبتة على قُمرات السيارات. يوجد بالتأكيد كمّ ثمين من المعلومات يمكن الحصول عليه من الكاميرات. بوسع الشبكات العصبية فهم اللون والملمس وحتى السمات المادية للمشهد أمامها؛ أشياء مثل الخطوط والمنحنيات والحواف والزوايا. السؤال هو: ماذا تفعل بهذه المعلومات ما أن تحصل عليها؟ بوسعك أن تقول للسيارة: «امشِ فقط على شيء يبدو مثل الأسفلت»، لكن هذا لن يفيد كثيراً في الصحراء، حيث الطرق ممرات مغبرة. بوسعك أن تقول: «امشِ على أنعم شيء في الصورة»، لكن لسوء الحظ أنعم شيء في الصورة هو على الأغلب السماء أو مبنى ذو واجهة زجاجية. قد تفكر بمصطلحات تجريدية في كيفية وصف شكل الطريق: «ابحثي عن شيء ذي حدين مستقيمين بشكل ما. الخطوط ستكون على الأرجح أبعد ما تكون عن بعضها في أسفل الصورة، وتضيق

مقتربة من بعضها في أعلاها». يبدو هذا منطقياً بشكل ما، عدا أن، لسوء الحظ، هذا أيضاً ما تبدو عليه الشجرة في الصورة. بشكل عام، لا يُعدّ من الحكمة أن تشجع سيارة على السياقة إلى الأشجار.

المشكلة أن الكاميرا لا تستطيع اعطاءك تقديراً سليماً لمقياس أو مسافة. وهو شيء يستخدمه مخرجو الأفلام لصالحهم طوال الوقت، فكّر في المشهد الافتتاحي لفيلم حرب النجوم Star Wars، حيث يبزغ مدمر النجوم Star Destroyer ببطء درامي أمام فضاء أسود كالحبر، حائماً في أعلى الصورة. أنت تشعر وكأنه وحش شاسع هائل، في حين أن تصويره في الحقيقة لم يكن إلا باستخدام نموذج ليس أكثر من أقدام قليلة. تلك خدعة تلائم الشاشة الكبيرة جيداً. لكن في السيارات ذاتية القيادة، عندما قد يكون الخطّان الرفيعان المتوازيان طريقاً في الأفق أو جذع شجرة قريبة، يصبح الحكم على المسافة بدقة مسألة حياة أو موت.

وحتى عندما تستخدم أكثر من كاميرا وتجمّع الصور بمهارة لتبني صورة ثلاثية الأبعاد للعالم حولك، فثمة مشكلة محتملة أخرى تنبع من الاعتماد أكثر من اللازم على الشبكات العصبية، مثلما اكتشف دين بوميرلو Dean Pomerleau الأكاديمي في جامعة كارنيغي ميلون، في التسعينيات. فقد كان يعمل على سيارة تُدعى آلفين ALVINN (سيارة أرضية مؤتمتة في شبكة عصبية Au-tonomous Land Vehicle In a Neural Network)، والتي كانت مُدربة على فهم ما يحيط بها من خلال أفعال السائق البشري،

كان بوميرلو وآخرون يجلسون خلف عجلة القيادة، ويأخذون آلڤين في رحلات طويلة، ويسجلون كل شيء خلال ذلك. من ذلك تشكلت قاعدة البيانات التي ستتعلّم منها شبكاتها العصبية أن: سيري في أي مكان قد يقودك فيه الإنسان، وتجاهلي البقية [226].

نجح ذلك ببراعة في البداية، فبعد التدريب، استطاعت آلڤين المضيّ بيسر على الطرق البسيطة بنفسها. لكن عندما وصلت إلى جسر، ساءت كل الأمور. فجأة انحرفت السيارة بخطورة، واضطر بوميرلو للتمسك بعجلة القيادة لإنقاذها من التحطم.

بعد أسابيع من فحص بيانات الحادثة، فهم بوميرلو ماذا كانت المشكلة: كل الطرق التي تدربت آلڤين عليها كان على جانبيها دوماً عشب. ومثلما كان مع الشبكات العصبية في فصل «في الطب»، التي صنفت كلاب الهاسكي على أساس وجود ثلج في الصور، فقد استخدمت شبكات آلڤين العصبية العشب كمؤشر تُقرر منه إلى أين تمضي. وما أن انتهى العشب، لم تعد الآلة تعلم ماذا تفعل.

على عكس الكاميرات، بوسع أشعة الليزر قياس المسافة. السيارات التي تستخدم نظام الليدار LiDAR (استشعار المدى بالضوء ، أول استخدام له كان في تحدي داربا الكبير الثاني 2005) تُطلق فوتوناً ليزرياً، وتحسب الزمن الذي استغرقه للارتداد من على العائق ليعود، فيصير معها تقدير جيد عن مدى بُعد العائق عنها. لكنها ليست شاملة الإمكانيات: لا يستطيع الليدار تحديد الملمس واللون، وهو ميؤوس منه فيما يخص قراءة علامات الطرق، وكفاءته محدودة مع المسافات البعيدة. أما الرادار في

المقابل -نفس الفكرة لكن باستخدام موجات الراديو- فهو يعمل جيداً في جميع أحوال الطقس، وبوسعه ملاحظة العوائق على مسافات بعيدة، بل ويستطيع حتى الرؤية بالنفاذ خلال بعض المواد، لكن لا فائدة تُرجى منه فيما يتعلق بإعطاء أية تفاصيل بخصوص شكل أو بُنية العقبة.

لا تستطيع أي من مصادر البيانات هذه وحدها -الكاميرا والليدار والرادار- فعل ما يكفي لفهم ما يحدث حول السيارة. الخدعة المطلوبة لبناء سيارة ذاتية القيادة ناجحة تكمن في دمجها، وهي مهمة كانت ستكون سهلة نسبياً لو اتفقت جميعها على ماهية ما تراه في الحقيقة، لكنها أصعب بكثير عندما لا تفعل.

خذ عندك الحشائش المتدحرجة التي عطلت إحدى السيارات في أول تحدي داربا، وتخيل سيارتك ذاتية القيادة في نفس الموقف. الليدار يقول إن أمامك عقبة، والكاميرا توافقه. لكن الرادار الذي يستطيع الرؤية عبر النبات الواهي يقول إنه لا يوجد ما يستدعي القلق. في أي منها يجب أن يثق خوارزمك؟

ماذا إن كانت للكاميرا الهيمنة؟ تخيل شاحنة بيضاء ضخمة تقطع طريقك في يوم غائم. سيتفق هذه المرة الرادار مع الليدار على وجوب تفعيل المكابح، لكن مع السماء البيضاء الشاحبة، لا ترى الكاميرا شيئاً خطيراً.

إذا لم يكن ذلك صعباً كفاية، إليك مشكلة أخرى. أنت لا تحتاج فقط للقلق بشأن إساءة الحساسات تفسير ما يحيط بها، بل تحتاج أن تأخذ في اعتبارك أنها قد تُخطئ في قياسها أيضاً.

ربما لاحظتَ وجود الدائرة الزرقاء في خرائط غوغل المحيطة بموقعك، إنها هناك لتشير إلى الخطأ المحتمل في قراءة نظام تحديد المواقع. أحياناً ما تكون الدائرة الزرقاء صغيرة وتشير إلى موقعك بدقة، وفي أحيان أخرى تغطي مساحة أوسع بكثير ومركزها يشير إلى مكان خاطئ تماماً. في أغلب الوقت لا يشكل ذلك فارقاً كبيراً، نحن نعلم مكاننا وبوسعنا تجاهل المعلومات الخاطئة. لكن السيارات ذاتية القيادة لا تملك الحقيقة المطلقة عن موقعها. عندما تمضي في مجال واحد عرضه أقل من 4 أمتار على الطريق السريع، فهي لا تستطيع الاعتماد على نظام تحديد المواقع فقط للحصول على تقرير دقيق كفاية عن محل وجودها.

ليس نظام تحديد المواقع وحده المعرض للخطأ، فكل ما تقيسه السيارة له هامش خطأ: قراءة الرادار وحركة السيارة حول محوريها الطولي والجانبي ودوران العجلات وعزم القصور الذاتي للسيارة. لا يوجد شيء جدير بالثقة 100%. بالإضافة إلى أن الظروف المختلفة تزيد الأمور سوءاً: فالمطر يؤثر على الليدار [227]، وضوء الشمس الساطع يؤثر على الكاميرات [228]، والرحلات الطويلة الوعرة تعيث فساداً بمقياس التسارع [229].

ثم ينتهي بك الحال مع فوضى ضخمة من الإشارات. الأسئلة التي تبدو سهلة (مثل أين أنت؟ ماذا حولك؟ ماذا عليك أن تفعل؟) تصبح إجاباتها في غاية الصعوبة. وبات من المستحيل تقريباً معرفة ماذا عليك أن تصدق.

من المستحيل **تقريباً**، لكن ليس تماماً.

لأن، لحسن الحظ، ثمة مسار خلال كل تلك الفوضى، وسيلة للقيام بتخمينات منطقية في عالم عشوائي. يعود الأمر في النهاية لمعادلة حسابية هائلة القوة، تُعرف باسم نظرية بايز Bayes' theorem.

### كنيسة القس بايز العظيمة

ليس من المبالغة أن نقول إن نظرية بايز هي من أكثر الأفكار تأثيراً في التاريخ. فهي تثير بين العلماء والمتخصصين في تعلم الآلة والإحصائيين حماساً شبه ديني. غير أنها، في قلبها، فكرة في غاية البساطة. بسيطة لدرجة أنك في الواقع قد تظن في البداية أنها تشرح ما هو واضح.

دعني أحاول توضيح الفكرة بمثال تافه على نحو خاص.

تخيل أنك تتناول عشاءك في مطعم. خلال تناولك الطعام، يميل رفيقك عليك ويهمس أنه لاحظ وجود ليدي جاجا Lady Gaga تأكل على المائدة المقابلة.

قبل أن تنظر بنفسك، ستتكون بلا شك لديك فكرة ما عن إلى أي مدى تصدُق نظرية صديقك. ستأخذ في اعتبارك كل معلوماتك السابقة: ربما جودة المطعم، ومدى بُعدك عن بيت جاجا في مدينة ماليبو Malibu، وشدة بصر صديقك، وما شابه ذلك من أمور. ربما بوسعك، إن أردت، وضع رقم على تلك الفكرة يعبر عن احتمال من نوع ما.

وبينما تدور لتنظر إلى المرأة، ستستخدم تلقائياً كل معلومة أمامك لتحديث اقتناعك بنظرية صديقك. ربما يتسق الشعر

البلاتيني الأشقر مع ما قد تتوقعه من جاجا، فتزداد قناعتك. لكن حقيقة جلوسها وحدها دون حراس شخصيين لا تتسق، فتقلّ قناعتك. ما يهم هو أن كل ملاحظة تضيف إلى تقديرك الكلي.

هذا كل ما تفعله نظرية بايز؛ توفر طريقة ممنهجة لتحديث اقتناعك بنظرية بناءً على الدليل [230]. إنها تقبل أنك لا يمكنك التيقن بالكامل من النظرية التي تنظر فيها، لكنها تسمح لك بالوصول إلى أفضل تخمين من المعلومات المتاحة. فبمجرد أن تلاحظ أن المرأة على المائدة المقابلة ترتدي فستاناً من اللحم -وهو خيار ملبسيّ غير شائع بين الناس غير الجاجائيين- قد يكون ذلك كافياً لتتجاوز قناعتك الحافة الكافية واستنتاج أن ليدي جاجا في المطعم بالفعل.

غير أن نظرية بايز ليست مجرد معادلة للطريقة التي يتخذ بها البشر قراراتهم بالفعل، بل هي أهم من ذلك بكثير. نقتبس من شارون بيرتش مغراين Sharon Bertsch McGrayne، مؤلفة كتاب (النظرية التي لن تموت): «تعمل بايز على عكس الاعتقاد الراسخ أن العلم الحديث يتطلب الموضوعية والدقة» [231]. بتوفيرها آلية لقياس اعتقادك بشيء ما، تسمح لك بايز بالوصول إلى استنتاج معقول من ملاحظات سطحية، من بيانات عشوائية ناقصة وتقريبية، بل حتى من الجهل.

بايز ليست موجودة لتأكيد حدسنا الأولي الموجود بالفعل. اتضح أن اضطرارنا لمعايرة قناعتنا بشيء غالباً ما يؤدي لعكس الاستنتاجات الحدسية. إن نظرية بايز هي التي تفسر لماذا يُصنّف الرجال أكثر من النساء كقتلة محتملين في المثال

بفصل «في العدالة». ونظرية بايز هي التي تفسر لماذا -حتى وأن شُخصت مريضة بسرطان الثدي- يعني مستوى الخطأ في الاختبارات أنك على الأرجح غير مصابة بالمرض (انظر المثال في فصل «في الطب»). نظرية بايز هي أداة قوية في جميع فروع العلم لتكثيف وفهم ما نعلمه حقاً.

لكن أكثر وقت تعمل فيه طريقة التفكير البايزية بأفضل شكل، هو عندما تحاول أن تنظر في أكثر من فرضية في نفس الوقت. مثلاً عندما تحاول إيجاد العلة في مريض على أساس أعراضه(*)، أو إيجاد موقع السيارة ذاتية القيادة على أساس قراءات الحساس. نظرياً، قد تكون الحقيقة أي مرض أو أية نقطة على الخريطة. كل ما عليك فعله هو النظر في الأدلة لتقرير أيها الأقرب للصحة.

وهكذا يظهر أن إيجاد موقع السيارة ذاتية القيادة هو مشكلة لا تختلف كثيراً عن تلك التي حيرت توماس بايز Thomas Bayes، القس البريسبيتاريّ البريطاني والرياضي الموهوب، الذي سُميت النظرية على اسمه. وقد كتب في أواسط القرن الثامن عشر مقالاً تضمن تفاصيل لعبة ابتدعها لتفسير المسألة، كان كالآتي [232]:

تخيل أنك جالس وظهرك موجه لطاولة مربعة. ومن دون أن تراني، ألقيت كرة حمراء على الطاولة. عليك أن تخمن أين وقعت. لن يكون الأمر سهلاً: دون أية معلومات تعتمد عليها، لا

*- واطسون، آلة IBM التي ناقشناها في فصل «في الطب»، استخدمت ما يُسمى بالاستدلال البايزي Bayesian inference بشكل واسع. انظر:
https://www.ibm.com/developerworks/library/os-ind-watson/.

توجد طريقة حقيقية تعرف بها أين يمكن أن تكون على الطاولة.

لمساعدتك في التخمين، أُلقي كرة أخرى ذات لون مختلف على نفس الطاولة. لا يزال عليك أن تحدد موقع الكرة الأولى الحمراء، لكن هذه المرة سأخبرك بموقع الكرة الثانية بالنسبة للأولى: أمام أو خلف أو على يسار أو يمين الكرة الحمراء. وبوسعك تحديث تخمينك.

ثم نكرر. أُلقي كرة ثالثة ورابعة وخامسة على الطاولة، وفي كل مرة أخبرك أين تسقط كل منها بالنسبة للكرة الحمراء الأولى، التي تحاول أن تخمن موقعها.

كلما ألقيت كرات أكثر وأخبرتك بمعلومات أكثر، يُفترض أن تتضح أكثر في ذهنك صورة موقع الكرة الحمراء. لن تتيقن أبداً من مكانها بالضبط، لكنك ستستطيع تحديث اعتقادك عن مكانها حتى تصل لإجابة تثق فيها.

بشكل ما موقع السيارة ذاتية القيادة يحاكي موقع الكرة الحمراء. وبدلاً من الشخص الجالس بظهره للطاولة، يوجد خوارزم يحاول الوصول لحساب دقيق لموقع السيارة في اللحظة الحالية، وبدلاً من باقي الكرات الملقاة على الطاولة، ثمة مصادر بيانات: نظام تحديد المواقع وقياسات عزم القصور الذاتي وما إلى ذلك. ما من واحد منها سيخبر الخوارزم أين تقع السيارة، لكن يأتي كل منها بمعلومة أخرى صغيرة يستطيع الخوارزم منها تحديث قناعته. إنها خدعة تُدعى الاستدلال الاحتمالي prob-abilistic inference، تُستخدم البيانات (بالإضافة لنظرية بايز) ليُستدل على الموقع الحقيقي للشيء. إن استُخدمت بشكل

صحيح، يمكن اعتبارها نوعاً آخر من خوارزميات تعلم الآلة.

مع مستهل الألفية، كان المهندسون قد تدربوا كفاية مع الصواريخ الموجهة وسفن الفضاء والطائرات، ليعلموا كيف يواجهون مشكلة الموقع. يظل جعل السيارات ذاتية القيادة تجاوب على سؤال «أين أنا؟» ليس بالأمر الهين، لكن مع بعض التفكير البايزي، يصبح على الأقل قابلاً للحدوث.

بين مقبرة الروبوتات الناتجة عن تحدي 2004 والانتصار التكنولوجي المذهل في تحدي 2005 -عندما تمكنت خمس سيارات مختلفة من عبور أكثر من 100 ميل دون تدخل بشري- كانت أكثر القفزات إلى الأمام بفضل بايز. الخوارزميات المستندة إلى أفكار بايزية هي التي ساعدت في حلّ باقي الأسئلة التي احتاجت السيارة إلى إجابتها: «ماذا حولي؟» و «ماذا عليّ أن أفعل؟»(*).

**إذن، هل على السيارة ذاتية القيادة خبط المارة لإنقاذ حياتك؟**

لنتوقف هنا قليلاً لتأمّل ثاني تلك الأسئلة. لأن عن هذا الموضوع بالذات، في بداية خريف 2016، في ركن هادئ من قاعة العرض الصاخبة في معرض باريس للسيارات Paris Auto Show، قدّم متحدث باسم شركة مرسيدس-بنز Mercedes-Benz تصريحاً استثنائياً. كان كريستوف فون هوغو Christoph von

*- وصف عالم الرياضيات بيرسي دياكونيس Pesri Diaconis من جامعة ستانفورد، فريق الجامعة الفائز النهائي بسباق 2005 قائلاً: «كان كل مسمار في سيارتهم بايزيا».

Hugo، مديـر أنظمـة مسـاعدة السـائق والأمـان الفعـال بالشـركة، قـد سُـئل فـي مقابلـة عمّـا قـد تفعلـه سـيارة مرسـيدس ذاتيـة القيـادة فـي حادثـة.

أجـاب: «إن علمـت أن بوسـعك إنقـاذ شـخص واحـد، فعلـى الأقـل أنقـذه»[233].

قد تفكر: منطق معقول، لا يكاد يستحق عناوين الأخبار.

عـدا أن هوغـو لـم يُسـأل عـن أي حـادث عـادي. بـل كان يُختبـر لمعرفـة إجابتـه علـى تجربـة فكريـة معروفـة تعـود لسـتينيات القـرن العشـرين، تتضمـن نوعـاً خاصـاً جـداً مـن التصـادم. كان المحـاوِر يسـأله عـن معضلـة غريبـة ترغمـك علـى الاختيـار بيـن شـرّين، معروفـة باسـم معضلـة العربـة trolley problem، علـى اسـم عربـة التـرام الهاربـة التـي كانـت نمـوذج اختبـار الصيغـة الأصليـة. فـي حالـة السـيارات ذاتيـة القيـادة، الأمـر يشـبه الآتـي:

تخيـل بعـد بضـع سـنوات فـي المسـتقبل، أنـك راكـب فـي سـيارة مؤتمتـة تمضـي بسـعادة فـي شـوارع المدينـة. إشـارة المـرور أمامـك صـارت حمـراء، لكـن عطـلاً ميكانيكيـاً فـي سـيارتك يعنـي أنـك غيـر قـادر علـى التوقـف. سـيحدث تصـادم لا منـاص، لكـن أمـام سـيارتك خياريـن: هـل يجـب عليهـا الانحـراف لتصطـدم بحائـط خرسـاني، مسـببة موتـاً حتميـاً لـكل مـن فـي داخلهـا؟ أم يجـب عليهـا الاسـتمرار لتنقـذ حياتهـم، وتقتـل مـن يعبـر الطريـق مـن المـارة؟ علـى مـاذا يجـب برمجـة السـيارة أن تفعـل؟ كيـف تقـرّر مـن ينبغـي أن يمـوت؟

لا شـك أنـك لديـك رأيـك الخـاص. ربمـا تفكـر أن علـى السـيارة محاولـة إنقـاذ أكبـر عـدد مـن النـاس تقـدر عليـه. أو ربمـا تفكـر أن

الوصية [الدينية] «لا تقتل» يجب أن تكون لها اليد العليا فوق أية حسابات، وعلى الجالسين داخل الآلة تحمل العواقب(*).

كان هوغو واضحاً بشأن موقف مرسيدس. تابع «أنقذ من بالسيارة، إن كنت متأكداً أن من الممكن منع هذه الوفاة الواحدة، إذن فتلك هي أولويتك».

في الأيام التالية للمقابلة، طفح الإنترنت بالمقالات التي تدين موقف مرسيدس. قال أحد الكُتّاب: «سياراتهم ستتصرف مثل سائق السيارات الفاخرة أوروبي النمطي الذي يرى نفسه فوق الآخرين» [234]. وفي استفتاء نشرته مجلة ساينس Science في نفس الصيف [235]، شعر 76% من المتابعين أن اختيار السيارة ذاتية القيادة لإنقاذ أكبر عدد ممكن من الأشخاص، يعني بالتالي قتل من هم في داخل السيارة، سيكون أكثر أخلاقية. وقعت مرسيدس على الجانب الخاطئ من الرأي العام.

أو هل هي وقعت فعلاً؟ فعندما سأل نفس الاستفتاء المشاركين فيه إن كانوا سيشترون في الواقع سيارة قد تقتلهم إن تطلبت الظروف، بدوا فجأة مترددين في التضحية بحياتهم الشخصية لأجل الصالح العام.

تلك معضلة تتباين فيها الآراء، وليس فقط فيما يراه الناس الإجابة الواجبة. كتجربة فكرية، تظل من مفضلات مراسلي التكنولوجيا وباقي الصحافيين، لكن كل خبراء السيارات ذاتية

---

*- نسخ مختلفة من هذا السيناريو وجدت طريقها للصحافة، من النيويورك تايمز New York Times إلى ميل أون صانداي Mail on Sunday: ماذا إن كانت المارّة هي سيدة عجوز في التسعين؟ ماذا إن كان طفلاً صغيراً؟ ماذا إن كان في السيارة شخص فائز بجائزة نوبل؟ في قلب كل نسخة المعضلة ذاتها.

القيادة الذين قابلتهم أبدوا انزعاجهم ما أن ذُكرت معضلة العربة. شخصياً، ما زلت ضعيفة بعض الشيء أمامها. بساطتها ترغمنا على إدراك شيء مهم بخصوص السيارات ذاتية القيادة، تتحدى ما نشعر به حيال خوارزم يحكم على قيمة حياتنا وحياة الآخرين. يوجد في قلب هذه التكنولوجيا الجديدة -مثلما مع كل الخوارزميات تقريباً- أسئلة عن القوة والتحكم والاستثناءات وتفويض المسؤولية. وعن إن كان بوسعنا توقع أن تتكيف التكنولوجيا معنا، لا العكس. لكني أيضاً متعاطفة مع ردّ الفعل المتحفظ الذي تثيره في مجتمع السيارات ذاتية القيادة. فأولئك أكثر من غيرهم، يعلمون إلى أي مدى نحن أبعد ما نكون عن الحاجة إلى القلق بشأن معضلة العربة في الواقع.

### كسر قواعد الطريق

أدت نظرية بايز وقوة الاحتمالات إلى كثير من الابتكارات في السيارات المؤتمتة منذ تحدي داربا. سألت بول نيومان Paul Newman، بروفيسور في علم الروبوتات بجامعة أكسفورد ومؤسس شركة أوكسبوتيكا Oxbotica التي تبني السيارات ذاتية القيادة وتختبرها في شوارع بريطانيا، عن كيفية عمل آخر سياراته المؤتمتة، فشرح الأمر كالتالي:

«إنها ملايين وملايين من السطور البرمجية، لكن بوسعي تأطير الأمر كله كاستدلال احتمالي. كلّ ما فيه»[236].

لكن بينما يفسر الاستدلال البايزي إلى حدّ ما كيف باتت

السيارات ذاتية القيادة ممكنة، يفسر أيضاً كيف أن الاستقلال الكامل من تدخل أي سائق بشري، هو أمر في غاية الصعوبة.

يقترح بول نيومان «تخيل أن لديك سيارتين تقتربان من بعضهما بسرعة»، لنقل إنهما تتحركان في اتجاهين مختلفين على طريق سريع منحنٍ قليلاً. السائق البشري سيكون مرتاحاً تماماً في هذا السيناريو، لعلمه أن السيارة الأخرى ستظل في مجالها، وستعبر آمنة على بعد أمتار بجانبه. يوضح نيومان: «لكن لوقت طويل يبدو الأمر وكأنهما سترتطمان ببعضهما». كيف تُعلِّم السيارة ذاتية القيادة ألّا تصاب بالذعر في ذلك الموقف؟ أنت لا تريد من السيارة أن تنحرف خارجة عن الطريق، في محاولة لتفادي تصادم لم يكن ليحدث. لكنك لا تريد منها بالقدر نفسه أن تكون راضية إن وجدتَ نفسك بالفعل على وشك الدخول في حادث تصادم كامل. تذكر أيضاً أن ما تقوم به تلك السيارات لا يتجاوز التخمينات الذكية بشأن ما ستفعله بعد ذلك. كيف تجعل تخمينها صحيحاً كل مرة؟ هذه بحسب نيومان «مشكلة صعبة جداً جداً».

إنها مشكلة حيرت الخبراء لوقت طويل، لكن يبدو أن لها حلّ. الخدعة تكمن في بناء نموذج لكيفية تصرّف السائقين -العاقلين- الآخرين. لسوء الحظ، لا يمكن قول الأمر نفسه عن باقي سيناريوهات القيادة دقيقة الاختلاف.

يتابع نيومان: «إن الصعب هو كل مشكلات القيادة التي لا علاقة لها بالقيادة». مثلاً تعليم خوارزم فهمِ أن نغمة سيارة الآيس كريم أو العبور بجوار مجموعة أطفال يلعبون الكرة على الرصيف، قد

يعني أنه بحاجة لزيادة حذره، أو أن تعليمه التعرف على كنغر يقفز مرتبكاً، وهو أمر اعترفت فولفو Volvo وقت الكتابة أنها تعاني منه [237]. ربما تلك ليست مشكلة كبيرة في ريف مقاطعة سُرّي Surrey، لكنها شيء على السيارات التمكن منه إن كانت ستطأ طرقات أستراليا.

الأصعب من ذلك هو: كيف تعلم السيارة أن عليها كسر قواعد الطريق أحياناً؟ ماذا إن كنت واقفاً في إشارة حمراء وفجأة جاء أحدهم يركض أمام سيارتك مشيراً لك بجنون أن تمضي قدماً؟ أو إن كان ثمة سيارة إسعاف مصابيحها مضاءة تحاول تجاوزك في شارع ضيق، وأنت بحاجة للصعود على الرصيف للسماح لها بالمرور؟ أو إن قطعَت ناقلة وقود طريقاً ريفياً ضيقاً بالعرض وعليك أن تخرج منه بأي طريقة ممكنة؟

يقول نيومان: «لا يوجد أي من هذا في قوانين الطرق السريعة». وبرغم ذلك فإن السيارة المستقلة فعلاً عليها أن تعرف كيف تتعامل مع كل هذا إن حدث، دون الحاجة أبداً إلى أي تدخل بشري، حتى في الطوارئ.

لا يعني ذلك أن هناك مشاكل لا يمكن حلها. قال لي نيومان: «لا أعتقد أن هناك مستوى من الذكاء لن تستطيع الآلة بلوغه، السؤال هو متى؟».

لسوء الحظ، الإجابة على هذا السؤال هي: ليس في أي وقت قريب على الأرجح. الحلم ذاتي القيادة الذي ننتظره جميعاً ربما يكون أبعد بكثير مما نحسب.

لأن هناك طبقة أخرى من الصعوبة علينا مواجهتها عند محاولة بناء سيارة الخيال العلمي التي تذهب إلى أي مكان وتفعل أي شيء بلا مقود ولا سائق، وتلك طبقة تتجاوز التحدي التقني. سيارة مؤتمتة بالكامل سيكون عليها التعامل مع مشكلة شائكة اسمها الناس.

يشرح جاك ستيلغو Jack Stilgoe، عالم اجتماع من كلية لندن الجامعية University College London وخبير في التأثير الاجتماعي للتكنولوجيا: «الناس مؤذون. إنهم عملاء فعالون، وليسوا أجزاء خاملة من المشهد»[238]. تخيل لوهلة عالماً توجد فيه بالفعل سيارات مؤتمتة بالكامل. القاعدة رقم 1 في خوارزمياتها المتضمنة ستكون تفادي الاصطدامات كلما كان ذلك متاحاً. وهو ما يغير دينامية الطريق. إن وقفتَ أمام سيارة ذاتية القيادة، سيكون عليها التوقف. إن فعلتَ ذلك في مفترق طرق، عليها أن تتصرف بخضوع.

بكلمات أحد المشاركين في مجموعة تركيز عام 2016 في مدرسة لندن للاقتصاد London School of Economics: «أنت ستتنمّر عليها كما ترغب. ستتوقف هي، وستلعب حولها كما تحب». المقصود: إن هذه السيارات عرضة للتنمّر.

يوافق ستيلغو قائلاً: «من كانوا حتى الآن بلا قوة نسبياً على الطرق، مثل راكبي الدرّاجات، ربما يشرعون في ركوب دراجاتهم ببطء أمام السيارات ذاتية القيادة، موقنين أنه لن تكون هناك أية عدائية».

تجاوز هذه المشكلة قد يعني وضع قوانين صارمة للناس

الذين يسيئون استخدام وضعهم كراكبي دراجات أو كمارّة. حدث ذلك من قبل بالطبع، مثلما في قوانين منع عبور الطريق العشوائي للمشاة. أو قد يعني إجبار أي شيء آخر على الخروج من الطرق -مثلما حدث عند ظهور السيارة ذات المحرك- وهو السبب بالفعل لكونك لن ترى دراجات أو أحصنة أو عربات جرّ أو مارة على الطرق السريعة.

إن أردنا سيارات مؤتمتة بالكامل، سيكون علينا في الغالب فعل شيء شبيه مرة أخرى، لتحديد عدد السائقين العدوانيين وعربات الأيس كريم والأطفال الذين يلعبون في الطرقات وإشارات أعمال الطرق والمارة الطائشين وسيارات الطوارئ والدرّاجات وناقلات المُقعدين الكهربائية، وكل ما يجعل مشكلة الأتمتة بهذه الصعوبة. لا بأس بذلك، لكنه يختلف قليلاً عن الفكرة التي تُباع لنا حالياً.

أخبرني ستيلغو: «جلّ خطاب الأتمتة والمواصلات يتحدث عن عدم تغيير العالم، بل الحفاظ عليه كما هو، لكن بجعل الروبوتات تصل إلى نفس مهارة البشر في القيادة والسماح لها بذلك، بل وأفضل منهم. أعتقد أن هذا غباء».

قد يفكر البعض منكم: انتظر قليلاً، ألم تُحلّ هذه المشكلة سابقاً؟ ألم تقطع سيارة شركة وايمو Waymo ذاتية القيادة التابعة لغوغل ملايين الأميال بالفعل؟ أليست سيارة وايمو المؤتمتة بالكامل (أو على الأقل شبه المؤتمتة بالكامل) تمضي الآن على طرقات مدينة فينيكس Phoenix بولاية أريزونا Arizona؟

الإجابة هي نعم، هذا صحيح. لكن أميال الطرقات ليست مثل بعضها. أغلب الأميال يسهل القيادة عليها، بوسعك أن تفعل ذلك وأنت سارح في أحلام اليقظة. لكن بعضها يشكل تحدّياً أكبر

بكثير. بينما أكتبُ هذا، لا يُسمح لسيارات وايمو بالذهاب إلى أي مكان ترغبه، إنها محصورة جغرافياً في منطقة صغيرة محددة مسبقاً. ومثلها ستكون السيارات ذاتية القيادة التي تعتزم دايملر وفورد وضعها على الطرقات في 2020 و2021 بالترتيب. إنها سيارات لتطبيقات برامج مشاركة الركوب محصورة الحركة في نطاقات مقررة من قبل. وهذا يجعل مشكلة الأتمتة أبسط بكثير.

يعتقد بول نيومان أن هذا هو المستقبل الذي بوسعنا توقعه للسيارات ذاتية القيادة: «ستخرج للعمل في مناطق معروفة جيداً، حيث يثق مالكوها كامل الثقة في أنها ستعمل كما ينبغي. هكذا يمكنها أن تكون جزءاً من مدينة، وليست في مكان حيث الطرقات غير عادية أو حيث البقر يتجول في الطرقات. ربما ستعمل في أوقات معينة من اليوم أو في ظروف طقس معينة. وستُشغل كخدمة مواصلات».

ليس ذلك مثل الأتمتة الكاملة. هاك رأي جاك ستيلغو في المساومة الضرورية: «الأشياء التي تبدو كما لو أنها أنظمة مؤتمتة، هي في الواقع أنظمة يُرغم العالم على جعلها تبدو كذلك».

الحلم الذي بتنا نصدقه أشبه بخدعة ضوئية، سراب يعِدُ بسائق خاص فاخر للجميع في متناول اليد، بينما هو في الواقع مجرد ميني-باص محلي.

لو أنك ما زلت بحاجة للإقناع، سأترك الكلمة الأخيرة في هذا الشأن لواحدة من أكبر مجلات السيارات في أمريكا، كار أند درايفر Car and Driver:

لا توجد شركة سيارات تتوقع حدوث اليوتوبيا المستقبلية

عديمة الحوادث ذات الشوارع المعبأة بالسيارات ذاتية القيادة في الحقيقة أي وقت قريب، ولا قبل عشرات السنين. لكنهم يرغبون في أن يأخذهم وال ستريت Wall Street بجدية، وفي إثارة مخيلة العامة الذين يتناقص اهتمامهم بالقيادة بشكل متزايد. وفي الوقت الحالي، يتمنون بيع كثير من السيارات المزودة بآخر التقنيات المتقدمة للمساعدة على القيادة [239].

إذن ماذا عن تكنولوجيا المساعدة على القيادة هذه؟ في النهاية السيارات ذاتية القيادة ليست عرضاً إما تأخذه بالكامل أو تتركه تماماً.

تُصنَّف تكنولوجيا القيادة الذاتية في ستة مستويات مختلفة: بدءاً من المستوى صفر، بلا أي نوع من الأتمتة، وحتى المستوى 5، حلم الأتمتة الكاملة. وبينهما تتراوح الأتمتة بين تثبيت السرعة (المستوى 2) إلى السيارات المؤتمتة المحدودة جغرافياً (المستوى 4)، ويشار إليها بالعامية كالتالي: 1- سياقة بلا قدمين، 2- بلا يدين، 3- بلا عينين، 4- بلا مخ.

إذن فربما المستوى الخامس لا يبدو في الأفق القريب، والرابع ليس ما وُعدنا به بالضبط، لكن ثمة الكثير من الأتمتة يمكن الوصول إليها في طريقنا الصاعد. ما الخطأ في صعود تلك المستويات بتأنٍّ في سياراتنا الشخصية؟ في بناء سيارات ذات مقود توجيه ودواسة مكابح وسائق يجلس في مقعده، والسماح للإنسان بالتدخل فقط في حالة الطوارئ؟ بالتأكيد سيكفي هذا حتى تتحسن التكنولوجيا؟

لسوء الحظ، الأمور ليست بهذه البساطة. لأنه لا تزال هناك مفاجأة أخيرة في الحكاية. مجموعة أخرى من المشاكل، عقبة حتمية تواجه كل ما يقلّ عن القيادة المستقلة تماماً عن التدخل البشري.

### طفل الشركة

كان بيير سيدريك بونين Pierre-Cédric Bonin معروفاً بين طياري الخطوط الجوية الفرنسية بلقب (طفل الشركة) [240]. كان قد التحق بشركة الطيران في سن السادسة والعشرين، بخبرة طيران لا تتجاوز عدة مئات من الساعات، وقد كبر في ظلّ أسطول الشركة من طائرات إيرباص Airbus. وعندما صعد على متن الرحلة المنكوبة AF447، كان في الثانية والثلاثين، وقد تمكن من مراكمة رصيد ساعات محترم في الهواء: 2,936 ساعة، لكنه يظل أقل الطيارين الثلاثة على متن الطائرة خبرة إلى حدّ بعيد [241].

ومع ذلك كان بونين هو من جلس على مقعد التحكم في رحلة الخطوط الجوية الفرنسية 447 يوم 31 مايو 2009، فيما أقلعت من مدرج مطار ريو دي جانيرو-غاليو الدولي متجهة إلى وطنها في باريس [242]. تلك كانت طائرة إيرباص A330، واحدة من أكثر الطيارات التجارية تطوراً على الإطلاق. نظام الطيار الآلي فيها كان متقدماً لدرجة أنه كان قادراً عملياً على إكمال رحلة كاملة بلا مساعدة، باستثناء شوطي الإقلاع والهبوط. وحتى عندما يكون التحكم مع الطيار، فقد كان الطيار الآلي يمتلك خصائص أمان متنوعة مدمجة فيه لتقليص خطورة الخطأ البشري.

لكن كان هناك خطر كامن في بناء نظام مؤتمت بوسعه التعامل تقريباً مع كل مشكلة استطاع مصمموه توقعها. إذا كان المتوقع من الطيار هو تولي الأمور في الظروف الاستثنائية، فالطيارون لن يحافظوا على المهارة المطلوبة لتشغيل النظام بأنفسهم. هكذا ستكون الخبرة التي سيعتمدون عليها في مواجهة تحديات الطوارئ المفاجئة قليلة جداً.

وهذا ما حدث مع رحلة الخطوط الجوية الفرنسية 447. رغم مراكمة بونين لآلاف الساعات في مقصورة القيادة بطائرات إيرباص، إلا أن خبرته في قيادة A330 بيده الفعلية كانت محدودة. دوره كطيار كان في الأغلب مراقبة النظام الأوتوماتيكي. لهذا لم يعرف بونين كيف يطير بالطائرة في أمان عندما توقف الطيار الآلي عن العمل في رحلة هذا المساء [243].

بدأت المشكلة عندما بدأت بلورات الثلج في التكون على حساسات السرعة الهوائية داخل الطائرة. ولكونه غير قادر على الوصول إلى قراءات سليمة، فقد أطلق الطيار الآلي صافرات الإنذار في المقصورة، وفوّض المسؤولية للطاقم البشري. لم يكن في ذلك داعٍ للقلق، لكن عندما ارتطمت الطائرة بمطب هوائي صغير، بالغ بونين ضعيف الخبرة في ردّ فعله. فيما مالت الطائرة بهدوء إلى اليمين، قبض بونين على الذراع الجانبي وشدها إلى اليسار، وفي الوقت نفسه جذب الذراع بحسم إلى الخلف، مرسلاً الطائرة إلى وضع تسلق شديد الانحدار [244].

وبينما صار الهواء حول الطائرة أرقّ، ظل بونين يجذب الذراع إلى الخلف بإحكام حتى صار أنف الطائرة عالياً لدرجة أن

الهواء لم يعد قادراً على التدفق بسلاسة على الأجنحة. فتحولت الأجنحة على نحو فعال إلى مصدّات رياح، ولم يعد هناك ما يحافظ على بقائها في السماء. بأنف يُشير إلى أعلى، فأخذت الطائرة تقع.

انطلقت صافرات الإنذار في مقصورة القيادة. واندفع القبطان عائداً من مقصورة الراحة. كانت AF447 تهبط إلى المحيط بسرعة 10,000 قدم في الدقيقة.

عند تلك النقطة كانت بلورات الثلج قد ذابت، ولم تعُد هناك أعطال ميكانيكية، والمحيط لا يزال بعيداً أسفلهم بما يكفي ليتمكنوا من استعادة السيطرة في الوقت المناسب. كان بوسع بونين والطيار المساعد إنقاذ جميع الركاب بسهولة في 10 أو 15 ثانية، فقط بدفع عصا التحكم إلى الأمام، وخفض أنف الطائرة والسماح للهواء بالاندفاع على الأجنحة مرة أخرى بيسر [245].

لكن في خضم الهلع، ترك بونين العصا الجانبية مشدودة إلى الخلف. ولم يدرك أيّ منهم أنه من سبّب المشكلة. مرت ثوانٍ ثمينة. اقترح القبطان مساواة الجناحين. ناقشا باختصار إن كانت الطائرة ترتفع أم تهبط، ثم على ارتفاع 8,000 قدم من سطح البحر، تولى الطيار المساعد التحكم [246].

سُمع الطيار المساعد يصيح: «ارتفع... ارتفع... ارتفع... ارتفع...».

أجاب بونين: «لكني جعلت الذراع في الخلف طوال الوقت».

فهم القبطان أخيراً، أدرك أنهم كانوا يسقطون سقوطاً حراً في حالة انهيار أيرو-ديناميكي لأكثر من ثلاث دقائق، وأمرهم

بخفض الأنف. لكن للأسف كان ذلك متأخراً، باتوا الآن شديدي القرب من السطح. صرخ بونين «تباً، سنتحطم. هذا لا يمكن أن يحدث»[247]. بعد لحظات، غاصت الطائرة في المحيط الأطلنطي، ومات ركابها الـ 288.

## مفارقات الأتمتة

قبل ستة وعشرين عاماً من تحطم الطائرة الفرنسية، في 1983، كتبت العالمة النفسية ليسان بينبريدج Lisanne Bain-bridge مقالة مهمة عن المخاطر الكامنة في الاعتماد الزائد على الأنظمة المؤتمتة [248]. شرحت فيها أن بناء آلة لتحسين الأداء البشري، سيؤدي -للمفارقة- في نقص القدرة البشرية.

بتنا الآن شهوداً على ذلك بشكل ما. فذلك هو السبب وراء ذهاب قدرة الناس على تذكر أرقام الهواتف، ووراء معاناة الكثير منا في قراءة ما تخطه أيدينا، ووراء عدم قدرة أغلبنا على القيادة إلى أي مكان دون استخدام أنظمة تحديد المواقع. ومع قيام التكنولوجيا بهذه الوظائف لأجلنا، لم تعد ثمة فرصة لتدريب مهاراتنا.

هناك بعض القلق من أن الأمر ذاته قد يحدث مع السيارات ذاتية القيادة، حيث الخطر أعلى بكثير من عدم التعرف على الكتابة اليدوية. إلى أن نصل إلى الأتمتة الكاملة، ستظل السيارات تعيد التحكم أحياناً للسائق فجأة. هل سيكون بوسعنا عندها أن نتذكّر غريزياً ما علينا أن نفعل؟ وهل سيحظى السائق المراهق في المستقبل أبداً بفرصة لإتقان المهارات المطلوبة لذلك؟

لكن حتى إن تمكنّا من البقاء أكفاء(*) (مع السماح بتأويل رحب لكلمة «بقاء»)، هناك مسألة أخرى سيكون علينا مواجهتها. لأن ما يفعله السائق البشري قبل توقف السائق الآلي هو أيضاً أمرٌ مهم. يوجد احتمالان فقط، ومثلما تشير بينبريدج، لا يبدو أيهما مغرياً.

في المستوى الثاني، السياقة بلا يدين، ستتوقع السيارة من السائق أن ينتبه للطريق بحرص طوال الوقت [249]، فهي ليست ماهرة بما يكفي للثقة فيما تفعله وحدها وستحتاج لإشرافك الحذر. وصفت مجلة وايرد Wired ذلك المستوى ذات مرة بأنه «مثل جعل طفل يساعدك في غسل الصحون» [250].

يُعتبر سائق تسلا Tesla الآلي، في وقت الكتابة، مثالاً على ذلك النهج [251]. إنها حالياً مثل تحكّم مرفّه بالرحلة، ستوجه طريقك وتتحكم بدواسات المكابح والوقود على الطريق السريع، لكنها تتوقع من السائق أن يكون يقظاً منتبهاً جاهزاً للتدخل طوال الوقت. للتأكد من انتباهك، ستطلق صافرة إنذار إن رفعت يدك عن عجلة القيادة لوقت طويل.

لكن هذا نهج، مثلما كتبت بينبريدج في مقالتها، لن ينتهي على خير. فالتوقع أن يظل البشر منتبهين ليس أمراً واقعياً: «من المستحيل حتى بالنسبة لشخص شديد التحفز أن يحافظ على

---

*- توجد أشياء عديدة يمكن عملها للتعامل مع المشاكل الناجمة عن التدريب المحدود. مثلاً منذ حادثة الخطوط الجوية الفرنسية، هناك تركيز في تدريب الطيارين الجدد على الطيران بالطائرة عند تعطل الطيار الآلي، وعلى حثّ الطيارين على إطفاء الطيار الآلي بانتظام للمحافظة على مهاراتهم.

مستوى انتباه بصري فعال تجاه مصدر معلومات، لا يحدث فيه سوى أقل القليل، لأكثر من نصف ساعة»[252].

هناك بعض الأدلة على أن الناس قد شقّت عليهم العناية بإلحاح تسلا المستمر عليهم لينتبهوا للطريق. كان جوشوا براون Joshua Brown، الذي مات جالساً خلف عجلة قيادة سيارته التسلا في 2016، يستخدم وضع السائق الآلي طوال 37 دقيقة ونصف، عندما صدمت سيارتُه شاحنةً كانت تعبر مجاله. استنتج تحقيق إدارة السلامة الوطنية على الطرق العامة أن براون لم يكن ينظر إلى الطريق لحظة الاصطدام[253]. احتلت الحادثة عناوين الأخبار الرئيسية حول العالم، لكن هذا لم يمنع بعض مقدمي المحتوى على يوتيوب المتهورين من نشر مقاطع فيديو تشرح بحماس كيف تخدع سيارتك لتحسبك منتبهاً. يُفترض أن ربط علبة مشروب ريد بول[254] أو حشر برتقالة[255] في عجلة القيادة، سيمنع السيارة من إطلاق تلك الصفارات المزعجة التي تذكرك بمسؤوليتك.

واجهت برامج أخرى نفس المشاكل. برغم أن سيارات أوبر ذاتية القيادة تحتاج لتدخلٍ بشريّ كل 13 ميل[256]، إلا أن شد انتباه السائقين إلى الطرق يظل صعباً. في 18 مايو 2018، صدمت سيارة أوبر ذاتية القيادة أحد المارة. مقطع فيديو من داخل السيارة أوضح أن «المراقب البشري» الجالس خلف عجلة القيادة كان ينظر بعيداً عن الطريق في اللحظات السابقة للتصادم[257].

تلك مشكلة جادة، لكن هناك خياراً بديلاً. بوسع شركات السيارات تقبّل فكرة أن البشر سيظلون بشراً، والإقرار بأن

عقولنا تسرح. في النهاية، إن القدرة على قراءة كتاب بينما تقود السيارة هو جزء من فتنة السيارات ذاتية القيادة.

ذلك هو الفارق الأساسي بين المستوى الثاني: السياقة بلا يدين، والثالث: بلا عينين.

يمثل الأخير بلا شكّ تحدياً تقنياً أكبر من المستوى الثاني، لكن بعض المُصنّعين بدأوا بالفعل في بناء سياراتهم لتُراعي غياب انتباهنا. أحد تلك الأمثلة هو سائق أودي Audi للاحتقان المروري [258]. إذ يستطيع تولي التحكم الكامل عندما تتحرك ببطء في ازدحام طريق سريع، تاركاً لك الفرصة للاسترخاء والاستمتاع بالرحلة. فقط كن مستعداً للتدخل إن ساءت الأمور(*).

هناك سبب لحصر أودي نظامها على المرور البطيء في الطرق محدودة الوصول. وهو إنّ خطر حدوث كارثة أقل بكثير عند ازدحام الطرق السريعة. وذلك مهم؛ لأنه ما أن يتوقف الإنسان عن مراقبة الطريق، فسوف تكون وحدك مع أسوأ مجموعة ممكنة من الظروف، إن حدث طارئ ما.

إن سائقاً غير منتبه للطريق لن يحظى إلا بوقت قليل جداً لتقييم ما يحيط به ويقرر ما عليه فعله. تخيّل نفسك جالساً في سيارة ذاتية القيادة ثم سمعت إنذاراً ونظرت من فوق كتابك لترى أن الشاحنة أمامك تتساقط حمولتها في طريقك. سيكون

---

*- خطوة متقدمة عن الأتمتة الجزئية، سيارات المستوى الثالث مثل أودي ذات سائق الازدحام المروري التي يمكنها تولي التحكم في سيناريوهات بعينها، إن كانت الظروف صحيحة. لا يزال السائق بحاجة إلى التدخل عندما تقابل السيارة سيناريو لا تفهمه، لكنه لم يعُد بحاجة لمراقبة الطريق والسيارة باستمرار. هذا المستوى أشبه بحثّ مراهق على غسل الصحون.

عليك معالجة كل المعلومات حولك في لحظة: الدراجة النارية في المسار الذي على اليسار، والشاحنة التي تفرمل أمامك، والسيارة في البقعة العمياء على يمينك. ستكون على أقل دراية بالطريق في الوقت الذي أنت بحاجة فيه لمعرفته بأفضل شكل، أضف هذا إلى قلّة التدريب وستكون في أسوأ جاهزية ممكنة للتعامل مع مواقف تتطلب منك أعلى مستويات المهارة.

في الواقع ثبت صحة ذلك في تجارب محاكاة السيارات ذاتية القيادة. وجدَت دراسة، كانت قد سمحت للمشاركين بقراءة كتاب أو اللعب على هواتفهم بينما تقود السيارة نفسها، أنهم بحاجة إلى ما يصل إلى 40 ثانية بعد أن ينطلق الإنذار لاستعادة التحكم بالسيارة كما ينبغي [259]. وهو بالضبط ما حدث مع رحلة الخطوط الجوية الفرنسية 447. استغرق القبطان دوبويس Dubois، الذي كان يفترض أنه قادر بسهولة على إنقاذ الطائرة، دقيقة أكثر من اللازم لإدراك ما يحدث والوصول إلى حلّ بسيط كان يُفترض به أن يكون حلّاً للمشكلة [260].

المفارقة هي أنه كلما تحسنت تكنولوجيا القيادة الذاتية، زادت المشكلة سوءاً. سائق آلي ضعيف يطلق الإنذار كل 15 دقيقة سيجعل السائق منخرطاً في تدريب مستمر. أما الأنظمة الماهرة المتطورة الجديرة بالثقة أغلب الوقت هي ما ينبغي أن تحذر منها.

لهذا قال جيل برات Gill Prat، الذي يرأس معهد أبحاث تويوتا Toyota Research Institute:

أسوأ الحالات ستكون سيارة تحتاج تدخل السائق مرة كل

200,000 ميل. الشخص العادي الذي يحصل على سيارة [جديدة] كل 100,000 ميل لن يرى ذلك أبداً [تخلي النظام المؤتمت عن التحكم]. لكن بين حين وحين، ربما مرة مع كل سيارتين عندي، ستقول واحدة منهما فجأة: «بيب بيب بيب، حان دورك الآن». وسيكون الشخص عندها، الذي لم يرَ ذلك بطبيعة الحال منذ أعوام بعيدة، غير مستعدّ [261].

### توقعات عظيمة

بالرغم من ذلك كله، هناك سبب جيد للخوض في مستقبل القيادة الذاتية. لا تزال المميزات تفوق العيوب. تظل قيادة السيارات واحدة من أكبر مسببات الوفيات الممكن تجنبها في العالم. إن كانت التكنولوجيا قادرة على تقليل عدد القتلى الكلّي على الطرقات ولو قليلاً، بوسعنا المحاججة بأن من غير الأخلاقي تجاهلها.

والمميزات الأخرى غير قليلة: أبسط مساعدة من القيادة الذاتية هي أنّ بوسعها تقليل استهلاك الوقود [262] وتخفيف احتقان المرور [263]. بالإضافة إلى -لنكن صادقين- أن فكرة رفع يدك عن المقود فيما تنطلق بسرعة 70 ميلاً في الساعة، ولو للحظة، هي ببساطة... فكرة رائعة.

لكن، بالتفكير مجدداً في تحذيرات بينبريدج، فهي تشير إلى مشكلة في الطريقة التي توطّر بها تكنولوجيا القيادة الذاتية الآن.

خذ تسلا مثلاً، واحد من أوائل مُصنعي السيارات الذين جلبوا السائق الآلي إلى السوق. لا مجال لكثير من الشك أن

التأثير الكلي لنظامهم كان إيجابياً، جاعلاً القيادة أكثر أماناً على مستخدميه. لا تحتاج للبحث مطولاً لتجد مقاطع فيديو على الإنترنت عن ميزة «تحذير من تصادم أمامي Forward Colli-sion Warning»، إذ تُدرك خطر وقوع حادثة قبل السائق، وتُطلق الإنذار لإنقاذ السيارة من التحطم [264].

لكن ثمة بعض التباين بين ما تستطيع السيارات فعله -بما هو في الأساس حساس فاخر للرَكن وتحكّم ماهر بالسرعة- واللغة المستخدمة لوصفها. مثلاً في أكتوبر 2016 أعلنت الشركة أن «كل سيارات تسلا الجاري إنتاجها، فيها معدات قيادة ذاتية كاملة»[*]. وطبقاً لمقالة في موقع ذا فيرج The Verge، فقد أضاف إيلون ماسك Elon Musk، مهندس منتجات تسلا: «تحديث الأتمتة الكاملة سيكون أساسياً لكل سيارات تسلا من الآن فصاعداً»[265]. ويمكن اعتبار ذلك التعبير: «الأتمتة الكاملة»، مناقضاً للتحذير الذي يجب أن يوافق عليه المستخدمون قبل استخدام السائق الآلي الحالي «عليك أن تظل متحكماً ومسؤولاً عن سيارتك» [266].

التوقّعات مهمة. بوسعك الاختلاف مع ذلك، لكن أظن أن الناس الذين يحشرون البرتقال في عجلات القيادة -أو أسوأ، مثلما وجدت في أركان أكثر ظلمة من الإنترنت، فيها من يصنع

*- في وقت الكتابة، فبراير 2018، «معدات القيادة الذاتية الكاملة full self-driving hardware» هي إضافة اختيارية يمكن دفع ثمنها عند الشراء، برغم أن السيارة لا تعمل حالياً ببرمجيات تدعم رحلات قيادة ذاتية كاملة. يقول موقع تسلا «من غير الممكن معرفة متى بالضبط ستكون الوظائف المذكورة أعلاه متاحة». انظر:

https://www.tesla.com/en_GB/blog/all-tesla-cars-being-produced-now-have-full-self-driving-hardware

ويبيع أجهزة «[تسمح] للمستخدمين الأوائل [بالقيادة بينما] تقلل أو تعطل تحذيرات السائق الآلي(*)»- هم النتيجة الطبيعية الحتمية لعلامة تجارية موثوقة تستخدم لغة مضللة.

بالطبع تسلا ليست المذنب الوحيد في صناعة السيارات. فكل شركات العالم تلعب على أحلامنا لتبيع منتجاتها. لكن بالنسبة لي، ثمة فرق بين شراء عطر لأني أظنه سيجعلني أكثر فتنة، وبين شراء سيارة لأني أظن أن الأتمتة الكاملة ستجعلني آمنة.

بوضع استراتيجيات التسويق جانباً، لا يسعني إلا التساؤل إن كنا نفكر في السيارات ذاتية القيادة بطريقة خاطئة تماماً.

الآن نحن نعلم أن البشر جيدون جداً في فهم ما بين السطور، وفي تحليل السياقات وتطبيق الخبرات والتفرقة بين الأنماط. وسيّئون جداً في التركيز والدقة والاتساق، وفي الوعي الكامل بما يحيطهم. لدينا باختصار مجموعة المهارات العكسية تماماً للخوارزميات.

إذن لماذا لا نتبع طريق برمجيات البحث عن الأورام في العالم الطبي، ونسمح لمهارات الآلة بإكمال مهارات الإنسان، وتطوير كلّ منها؟ إلى أن نصل إلى الأتمتة الكاملة، لم لا نقلب المعادلة ونهدف إلى نظام قيادة ذاتية يدعم السائق لا العكس؟ شبكة أمان، مثل مانع انغلاق المكابح ABS أو التحكم في الجرّ traction control،

---

*-يوجد منتج حقيقي اسمه "رفيق السائق الآلي The Autopilot Buddy" تستطيع شراءه بالسعر الرخيص 179 دولاراً. جدير بالذكر أن على موقعهم مكتوب بخط صغير "لا يجب استخدام 'Autopilot Buddy™' في أي وقت بالشوارع العامة". https://www.autopilotbuddy.com/.

نظام بوسعه مراقبة الطريق بصبر والبقاء منتبهاً لأي خطر يفوت السائق. أي حارسٌ خاص بدلاً من سائق خاص.

تلك هي الفكرة الكامنة خلف عمل معهد أبحاث تويوتا. فهم يبنون وضعَي تشغيل داخل سياراتهم. هناك وضع «السائق»، والذي -مثل سائق الازدحام الآلي عند أودي- بوسعه تولي الزمام خلال الاحتقان المروري، وهناك وضع «الحارس»، والذي يعمل في الخلفية بينما يقود الإنسان، ويتصرف مثل شبكة أمان [267]، مقللاً خطر الحوادث إن فلت أي شيء من نطاق رؤية السائق.

تبنت فولفو Volvo نهجاً مشابهاً. نظام «فرملة الطوارئ المؤتمتة» فيها، والذي يبطئ السيارة أوتوماتيكياً إن اقتربت من السيارة التي أمامها أكثر من اللازم، يُشاد به على نطاق واسع لمعدلات الأمان المذهلة التي حققها مع فولفو XC90. فمنذ أن عُرضت للبيع في المملكة المتحدة عام 2002، بيع منها أكثر من 50,000 سيارة، ولم يمُت فيها سائق ولا راكب واحد في حادثة [268].

مثل كثير من تكنولوجيا القيادة الذاتية التي نوقشت بعناية، سيكون علينا الانتظار لرؤية إلى أين سيصير الأمر. لكن شيء واحد أكيد؛ بمرور الوقت، ستعلمنا القيادة المؤتمتة عدة دروس تنطبق على ما يتجاوز عالم المحركات. ليس فقط عن الفوضى الناجمة عن تسليم زمام التحكم، لكن أيضاً عن التحلي بالواقعية في توقعاتنا بخصوص قدرات الخوارزميات.

إن كنا نريد لذلك أن ينجح، فسوف يكون علينا تعديل طريقة تفكيرنا. سنحتاج للتخلي عن فكرة أن السيارات يجب أن تعمل بكفاءة تامة كل مرة، وتقبُّل أن، بينما قد تكون الأعطال الميكانيكية

نادرة الحدوث، الأعطال الخوارزمية لن تكون كذلك على الأغلب في أي وقت قريب.

إذن بمعرفة أن لا مناص من الأخطاء، وأننا إن مضينا قدُماً فلا خيار لنا إلا تقبّل انعدام اليقين، فالمعضلة الكامنة في عالم السيارات ذاتية القيادة سترغمنا على أن نقرر إلى أي قدر من الجودة يحتاج شيء ما إلى الوصول إليه قبل أن نسمح بإطلاق سراحه في شوارعنا؟ ذلك سؤال مهم، وينطبق على مواضع أخرى. أي قدَر من الجودة يُعتبر جيداً كفاية؟ إن بنيت خوارزماً معيوباً بوسعه حساب شيء ما، أيجب عليك تركه يفعل ذلك؟

## في الجريمة

حدث في يوم حار من يوليو 1995، أن جمعت طالبة جامعية في الثانية والعشرين من عمرها كُتبها، وغادرت مكتبة ليدز Leeds عائدة إلى سيارتها. كانت قد قضت اليوم في وضع اللمسات الأخيرة على أطروحتها وصارت الآن حرة لتستمتع ببقية عطلة الصيف. لكن بينما كانت تجلس في مقعد سيارتها الأمامي استعداداً للذهاب، سمعت صوت أحدهم يجري في المرأب متعدد الأدوار متّجهاً إليها. قبل أن يتسنى لها فعل شيء، انحنى رجل عبر نافذتها المفتوحة ووضع سكيناً على عنقها. أجبرها على الجلوس في المقعد الخلفي، وقيدها، وألصق جفنيها بالصمغ القوي، واحتل مقعد القيادة، ثم انطلق بالسيارة مبتعداً.

بعد رحلة مرعبة، ركن السيارة على أرض عشبية. سمعت تكّة فيما رجّع مقعده للخلف ثم حفيفاً فيما فكّ ثيابه. علمت أن في نيته اغتصابها. برغم العمى قاومت، ضمّت ركبتيها إلى صدرها، ثم ضربت ما أمامها بأقصى عزمها، أرغمته على التراجع. بينما كانت تركل وتقاوم، جرحت السكين في يده أصابعه ونزف دماء على المقاعد. ضربها مرتين على وجهها، لكنه بعد ذلك، ولحسن حظها، خرج من السيارة وذهب. بعد ساعتين من بداية محنتها، وُجدت الطالبة تهيم في شارع جلوب Globe في ليدز، ذاهلة

ومضطربة، بقميص ممزق ووجه أحمر من أثر الضربات، وجفون ملصوقة بالصمغ [269].

إن حوادث الاعتداءات الجنسية على الأغراب مثل تلك، شديدة الندرة، لكن عندما تحدث تميل لأن تكون جزءاً من سلسلة. وبالطبع لم تكن تلك أول ضربة مشابهة لنفس الرجل. عندما حللت الشرطة قطرات الدم من السيارة وجدوا أن الشفرة الجينية تماثل عينة من حادثة اغتصاب وقعت في مرأب آخر متعدد الطوابق قبل عامين. وقع هذا الهجوم على بعد 100 كيلومتر جنوباً، في نوتنغهام Nottingham. وبعد مناشدة من برنامج كرايم وتش [*]Crimewatch على قناة BBC، تمكنت الشرطة من ربط القضية بثلاث أُخر مماثلة وقعت قبل عقد في ليدز وبرادفورد Bradford وليستر [270] Leicester.

لكن تتبّع ذلك الغاصب المتسلسل لن يكون سهلاً. وقعت هذه الجرائم في مساحة تمتد لتغطي 7,046 كيلومتراً مربعاً، نطاق هائل من البلد. وقدموا للشرطة أيضاً كمّاً مذهلاً من المشتبه بهم المحتمَلين، بإجمالي 33,628 مشتبه به، يجب استبعاد كل منهم على حدة بالتحقيقات أو التحري [271].

يتحتم الشروع الآن في بحث ضخم، ولن يكون الأول. فالهجمات الواقعة قبل عشر سنوات أدت إلى بحث عظيم عن الجاني، لكن برغم الطرق على 14,153 باب، وجمع مسحات لعاب وعينات شعر

*- BBC Crimewatch: برنامج تليفزيوني إنجليزي، كان يعيد بناء الجرائم الكبرى غير المحلولة، ويناشد الجمهور بحثاً عن معلومات للمساعدة في حلها. [المترجم].

ومختلف أنواع الأدلة، لم تؤدّ تحقيقات الشرطة إلى شيء. كانت ثمة مخاطرة جدية في أن البحث الجديد سيتبع الطريق نفسه، حتى جاء الشرطي الكندي السابق كيم روزمو Kim Rossmo وخوارزمه المطوّر مؤخراً بالمساعدة [272].

خطرت لروزمو فكرة جريئة؛ بدلاً من الأخذ في الاعتبار كمّاً كبيراً من الأدلة التي جُمعت بالفعل، سيتجاهل خوارزمه كل شيء تقريباً، وسيركز انتباهه حصرياً على عامل واحد: الجغرافيا.

قال روزمو: لعل المعتدي في جريمة لا يختار **موقع** ضحيته التالية عشوائياً. لعل اختيار الموقع ليس حراً أو واعياً بالكامل، حتى لو وقعت الهجمات في أنحاء متفرقة من البلد. تساءل روزمو إن كان هناك نمط غير مقصود يختفي في جغرافية الجرائم، نمط بسيط كافٍ لاستغلاله. كان يؤمن بوجود فرصة في أن تشي مواقع ارتكاب الجرائم بمكان المجرم الحقيقي. قضية الغاصب المتسلسل كانت فرصة لاختبار صحة النظرية.

### رشاش الحديقة والعملية لينكس

لم يكن روزمو أول من يقترح أن المجرمين يخلقون من دون قصد أنماطاً جغرافية. تعود جذور أفكاره إلى عشرينيات القرن التاسع عشر، عندما بدأ أندريه ميشيل غُويريّ André-Michel Guerry، المحامي الذي صار إحصائياً وعمل لصالح وزارة العدل الفرنسية، في جمع سجلات الاغتصاب والقتل والسرقة التي وقعت في مختلف أنحاء فرنسا [273].

رغم أن جمع هذا النوع من البيانات يبدو أمراً عادياً الآن، لكن في ذلك الزمن لم تُستخدم الرياضيات والاحصائيات تقريباً في أي مكان سوى العلوم الصلبة، حيث تُستخدم المعادلات بأناقة لوصف قوانين الكون المادية: في تتبع حركة كوكب عبر السماء مثلاً أو حساب القوة في محرك بخاري. لم يهتم أحد بجمع بيانات الجرائم من قبل. لم يملك أحدهم أية فكرة عما يُعدّ، وكيف يعدّه، وكم مرة عليه أن يفعل؟ وما الهدف من ذلك -بحسب ما فكر فيه أناس تلك الأيام- على أية حال؟ فالإنسان قوي ومستقل بطبعه، يصول ويجول بحسب ما تُمليه عليه إرادته الحرة. لا يمكن بالطبع محاصرة سلوكه بممارسة إحصائية تافهة [274].

لكن تعداد غُويريّ الوطني للمجرمين وتحليله له اقترح العكس. فقد وجد أنه أينما كنت في فرنسا، فثمة أنماط يسهل التعرف عليها برزت في الجرائم المرتكبة وكيفية ارتكابها ومرتكبيها. يرتكب الشباب جرائم أكثر من الكبار، والرجال أكثر من النساء، والفقراء أكثر من الأغنياء. وبسرعة بات واضحاً أن تلك الأنماط لم تتغير بمرور الزمن. كانت لكل منطقة في فرنسا إحصائيات الجرائم الخاصة بها، التي لا تكاد تتغير من سنة لأخرى. عدد جرائم السرقة والاغتصاب والقتل يعيد نفسه من عام للتالي بدقة شبه مرعبة. وحتى أساليب القتلة كانت قابلة للتوقع. كان هذا يعني أن غُويريّ وزملاءه كان بوسعهم اختيار منطقة وتوقع بدقة عدد جرائم القتل بالسكين والسيف والحجر والخنق والغرق التي ستحدث في أي عام مسبقاً [275].

إذن ربما في النهاية السؤال ليس عن إرادة المجرمين الحرة. الجريمة ليست عشوائية، الناس قابلون للتوقع. وهذه القابلية للتوقع بالتحديد هي ما أراد كيم روزمو استغلالها، بعد قرنين تقريباً من اكتشاف غُويريّ.

لم يركز عمل غُويريّ على إيجاد الأنماط على مستوى البلد والمناطق فقط، بل حتى على مستوى الأفراد. اتضح أن من يرتكبون الجرائم أيضاً يخلقون أنماطاً جغرافية فعالة. مثلنا جميعاً، ينزع المجرمون للبقاء في المناطق المألوفة لديهم. يعملون محلياً. ما يعني أن أغلب الجرائم الجادّة ستحدث على الأرجح بالقرب من حيث يسكن الجناة، وكلما ابتعدت أكثر وأكثر عن موقع الجريمة، تلاشت فرصة عثورك على مسكن المعتدي تدريجياً [276]، وهو تأثير يعرفه علماء الجريمة باسم «اضمحلال المسافة distance decay».

في المقابل، من غير المرجح أن يستهدف المعتدون المتسلسلون ضحاياهم من أولئك الذين يعيشون قريباً جداً، لتفادي أي تواجد غير مرغوب فيه للشرطة بالقرب منهم، أو التعرف عليهم من قبل الجيران. النتيجة تعرف باسم «المنطقة العازلة buffer zone»، والتي تحيط بمسكن المُعتدي، وهي منطقة تكون فرصة ارتكابهم لجريمة فيها قليلة للغاية [277].

هذان النمطان الرئيسيان -المنطقة العازلة واضمحلال المسافة- المختبئان في جغرافيا أكثر الجرائم جدية، كانا في قلب خوارزم روزمو. أدرك روزمو أن بوسعه موازنة هذين النمطين حسابياً ورسم تخيل لحيث قد يسكن الجاني، باستخدام موقع مسرح الجريمة على الخريطة.

هذه الصورة ليست مفيدة إلى حدّ كبير عندما تُرتكب جريمة واحدة. دون معلومات كافية لاستخدامها، ذلك الذي يُدعى بخوارزم التميط الجغرافي geoprofiling algorithm لن يعطيك إلا رأي التفكير المنطقي التقليدي. لكن عندما تُضاف مزيد من الجرائم، تبدأ الصورة في الاتّضاح، وبالتدريج يتركز الانتباه على خريطة للمدينة تُسلط الضوء على المناطق التي تزداد أرجحية القبض على الجاني فيها.

وكأن الجاني رشّاش ماء دوّار في حديقة. بقدر ما يصعب تخمين أين ستقع قطرة الماء التالية، يصعب التنبؤ أين سيضرب المجرم ضربته التالية. لكن بعد استمرار الرش لفترة ووقوع الكثير من القطرات، يسهل نسبياً الملاحظة من القطرات الواقعة أين يُحتمل وجود الرشاش.

وهذا ما كان مع خوارزم روزمو والعملية لينكس Lynx، عملية البحث عن المغتصب المتسلسل. باتت لدى الفريق الآن مواقع خمس جرائم منفصلة، بالإضافة إلى عدة أماكن استُخدمت فيها بطاقة ائتمان سرقها الجاني لشراء كحول وسجائر ولعبة فيديو. على أساس هذه المواقع، سلط الخوارزم الضوء على منطقتين رئيسيتين اعتقَد أن الجاني على الأرجح يعيش في إحداهما، ميلغارث Millgarth وكيلينجبيك Killingbeck، وكلتاهما في ضواحي ليدز [278].

في غرفة التحقيقات، كان لدى الشرطة دليل آخر رئيسي: جزء من بصمة إصبع تركها الجاني في مسرح جريمة سابقة. كانت عينة صغيرة جداً لدرجة أن نظام التعرف على البصمات

التلقائي لم يستطع استخدامها للبحث في قواعد بيانات الجناة المدانين عن مُطابق. بالتالي فإن أية مقارنة تحتاج لأن تكون بواسطة خبير مُدقّق ذي عدسة مكبرة، يفحص بعينين متورمتين كل مشتبه به على حدة. الآن بات عمر العملية ثلاث سنوات تقريباً، برغم المجهودات المتفانية لـ 180 شرطياً من خمس قوّات مختلفة، بدأ الوقود ينفد. وانتهت مطاردة كل الأدلة إلى طرق مسدودة.

قرر رجال الشرطة تفحص كل البصمات المسجلة يدوياً في المنطقتين اللتين حدّدهما عليهما الخوارزم. الأولى كانت ميلفارث، لكن البحث في البصمات المخزنة بقاعدة بيانات الشرطة لم يؤدّ إلى شيء. ثم حان دور كيلينجبيك، وبعد 940 ساعة من غربلة السجلات هناك، عثر الضباط على اسم: كليف بارويل Clive Barwell.

كان بارويل في الثانية والأربعين من عمره، متزوجاً وأباً لأربعة، سُجن من قبلُ لسرقةٍ مسلحة ارتكبها في الفجوة الزمنية بين الهجمات. يعمل الآن كسائق لوري ويقوم برحلات طويلة منتظمة في أنحاء البلد كجزء من وظيفته، لكنه يعيش في كيلينجبيك ويزور أمه باستمرار في ميلفارث، وهما المنطقتان اللتان حددهما الخوارزم [279].. لم تكن البصمة الجزئية كافية لتأكيد إدانته قطعاً، لكن تحليل الشفرة الجينية التالي أثبت أنه من ارتكب هذه الجرائم البشعة. أخيراً وجدت الشرطة ضالتها. واعترف بارويل بجرمه في المحكمة في أكتوبر 1999. وقد حكم عليه القاضي بثمانية أحكام مؤبدة متتالية [280].

ما أن انتهى كل شيء، حتّى أُتيحت لروزمو فرصة لتقييم أداء خوارزمه. لم يحدد الخوارزم بارويل بالاسم قط، لكنه سلط الضوء على مناطق في الخريطة حيث يجب على الشرطة تركيز انتباهها. إن كانت الشرطة قد استخدمت الخوارزم لترتيب أولوية المشتبه بهم على أساس أين يعيشون -وعاينوا البصمات وحللوا عينات الشفرة الجينية لكل منهم بالدور- لمَ ستكون ثمة حاجة لإزعاج الكثير من الناس الأبرياء، وكانوا سيجدون بارويل بعد البحث في 3% فقط من المنطقة [281].

أثبت الخوارزم فعاليته بلا شك. وجلب معه أيضاً فوائد أخرى؛ فهو يرتب أولوية قائمة المشتبه بهم الموجودة بالفعل فقط، وبالتالي فلا يعاني من التحيزات التي قابلناها في فصل «في العدالة». ولا يستطيع أيضاً تعدي دور المحقق الماهر، بل يساعد فقط على زيادة كفاءة التحقيق، إذن فاحتمال الثقة به أكثر من اللازم يكاد يكون غير موجود.

وهو أيضاً مرن بشكل لا يصدق. فمنذ العملية لينكس، استخدمته أكثر من 350 وكالة مكافحة جرائم حول العالم، بما فيها مكتب التحقيق الفيدرالي الأمريكي وشرطة الخيالة الكندية الملكية. وما يقدمه من تبصّر يتجاوز حدود الجريمة، إذ استُخدم لإيجاد برك المياه الراكدة التي يستخدمها البعوض للتكاثر، بناءً على حالات إصابة بالملاريا في مصر [282]. وعندي طالب دكتوراه في كلية لندن الجامعية يستخدم الخوارزم حالياً في محاولة للتكهن بمواقع مصانع القنابل، بناءً على المواقع التي استُخدمت فيها متفجرات مرتجلة. بل إن مجموعة من علماء الرياضيات في

لنـدن اسـتخدموه فـي محاولـة لتتبـع بانكسـي Banksy [283]، فنـان الشـارع الغامـض. بنـاءً علـى مواقـع إيجـاد لوحاتـه.

لحسـن الحـظ، إن نـوع الجرائـم الـذي ينفـع معـه التنميـط الجغرافـي بأفضـل شـكل -حـوادث الاغتصـاب والقتـل والعنـف المتسلسـلة- نـادر الحـدوث. فالغالبيـة العظمـى من المخالفـات في الواقـع لا تتطلـب ذلـك النـوع من البحـث عـن الجنـاة الـذي احتاجتـه قضيـة كليـف بارويـل. ولكـي تشـكل الخوارزميـات فارقـاً فـي مواجهـة الجريمـة فيمـا يتجـاوز هـذه الحـالات المتطرفـة، سـتحتاج إلـى نمـط جغرافـي مختلـف لتسـتخدمه، يمكـن اسـتخدامه علـى المدينـة بالكامـل، وقـادر علـى التقـاط أنمـاط وإيقاعـات الشـوارع والأركان التـي يعرفهـا كل ضابـط دوريـة غريزيـاً. لحسـن الحـظ، كان لـدى جـاك مابـل Jack Maple مـا نحتاجـه بالضبـط.

### خرائط المستقبل

كان كثيـر مـن النـاس يفكـرون مرتيـن قبـل ركـوب مترو أنفـاق مدينـة نيويـورك فـي ثمانينيـات القـرن العشـرين. لـم يكـن مكانـاً لطيفـاً. فقـد غطـت رسـوم الغرافيتـي كل سـطح فيـه، وعبقـت العربـات بالبـول العطـن، وانتشـر علـى الأرصفـة تعاطـي المخـدرات والسـرقة والسـطو بالإكـراه. كان يُقتـل كل عـام حوالـي 20 شـخصاً بريئـاً تحـت الأرض، مـا جعلـه عمليـاً مكانـاً خطيـراً بقـدر باقـي أماكـن العالـم.

وكان ذلـك هـو السـياق الـذي أحـاط بعمـل جـاك مابـل كضابـط شـرطة. كان قـد نـال مؤخـراً ترقيـة مسـتحقة ليصبـح ملازمـاً فـي شـرطة المواصـلات، وكان قـد أصابـه التعـب من الاسـتجابة للجرائـم

بدلاً من المحاربة لتقليلها. من ذلك الإحباط ولدت فكرة عبقرية.

قال مابل في مقابلة عام 1999: «على مساحة 55 قدماً من حائط، رسمتُ خريطة بكل محطة في مدينة نيويورك وكل قطار، ثم بألوان الشمع علمتُ على كل جريمة عنف أو سرقة وقعت. وضعت خريطة بالجرائم المحلولة مقابل غير المحلولة» [284].

قد لا يبدو ذلك أمراً كبيراً، غير أن خرائطه المُخربشة بألوان الشمع على أوراق بنية، صارت تُعرف باسم (خرائط المستقبل Charts of the future)، وكانت في تلك الآونة تطوراً ثورياً. لم يخطر في بال أي شخص النظر للجرائم بهذه الطريقة من قبل. لكن في اللحظة التي خطا فيها مابل متراجعاً لينظر إلى جرائم المدينة كلها في لحظة واحدة، أدرك أنه يرى كل شيء من منظور جديد تماماً.

قال: «نتج عن ذلك سؤال بـ «لماذا؟»، ما هي الأسباب الضمنية التي تجعل هناك تجمعاً بعينه للجريمة في منطقة بعينها؟». المشكلة حينها كانت أن كل بلاغ للشرطة كان يُعامل كحادثة منعزلة. إن اتصلتَ للإبلاغ عن مجموعة عدوانية من تجار المخدرات يتلكؤون في أحد الأركان، لكنهم اختفوا عن الأنظار ما أن وصلت الشرطة، فلن يُسجل أي شيء يمكن أن يربط شكوتك بمكالمات طوارئ أخرى جاءت بعدما عادت العصابة لمكانها. في المقابل، خريطة مابل مكنته من التحديد بدقة أي جريمة تمثل مشكلة مزمنة، ما يعني أنه بات قادراً على البدء في تفصيل الأسباب. «أيوجد مركز تسوق هنا؟ أذلك هو سبب وجود كثير

من النشل والسرقة؟ أثمّة مدرسة هناك؟ ألهذا لدينا مشكلة في الساعة الثالثة؟ هل يوجد بيت مهجور قريب؟ أهذا سبب انتشار تجارة المخدرات في الزاوية؟» [285] .

القدرة على الإجابة على هذه الأسئلة كانت أول خطوة في مواجهة مشاكل المدينة. هكذا في 1990، عندما صار بيل براتون Bill Bratton ذو العقل المنفتح على رأس شرطة المواصلات في نيويورك، عرض عليه مابل خرائطه للمستقبل. معاً، استخدماها في محاولة لجعل المترو مكاناً أكثر أماناً للجميع [286] .

حظي براتون بفكرته الحاذقة الخاصة. وأدرك أن تسول الناس وتبولهم وقفزهم فوق البوابات كانت من مشاكل المترو الكبرى. وقرر تركيز انتباه الشرطة على التعامل مع هذه المخالفات الصغرى عوضاً عن الجرائم الأكبر بكثير مثل السرقة والقتل، التي كانت أيضاً منتشرة أيضاً بشكل وبائي تحت الأرض.

كان لمنطقه شقّان، أولهما: بمواجهة أي سلوك معادٍ للمجتمع بقسوة في معاقل الجريمة، تستطيع إرسال إشارة قوية أن النشاط الإجرامي غير مقبول بأي شكل، أملاً أن يؤدي ذلك إلى البدء في تغيير ما يعتبره الناس «عادياً». وثانيهما: ثمة احتمال عالٍ جداً أن المتهربين من دفع ثمن التذاكر هم مجرمون ذاهبون لارتكاب جرائم أكبر. إن قُبض عليهم لتهربهم من التذاكر فلن تُتاح لهم تلك الفرصة. قال براتون لصحيفة نيوزداي Newsday في 1991 «بتضييق الخناق على التهرب من التذاكر، استطعنا إيقاف مجرمين خطرين يحملون الأسلحة عند البوابات قبل دخولهم المترو ليثيروا الفوضى» [287] .

نجحت الاستراتيجية. وفيما ازدادت الشرطة ذكاءً، ازداد المترو أماناً. وتسببت خرائط مابل ووتكتيكات براتون بين 1990 و1992 في تقليل 27% من الجنايات وثلث حوادث السرقة [288] .

عندما أصبح براتون رئيساً لشرطة نيويورك، قرر جلب خرائط مابل للمستقبل معه. وهناك، عملا على تطويرها وصقلها لتصبح كومبستات CompStat، أداة تتبع بيانات تستخدمها الآن قوات شرطة عديدة، في الولايات المتحدة وخارجها. في قلبها يظل مبدأ جاك مابل البسيط: تسجيل أين وقعت الجرائم لتسليط الضوء على أسوأ معاقل الجريمة في المدينة.

تنزع هذه المناطق لأن تكون مُركزة للغاية. في بوسطن Bos-ton مثلاً، وجدت دراسة استمرت 28 سنة أن 66% من كل سرقات الشارع تحدث في 8% فقط من الشوارع. دراسة أخرى مسحت 300,000 مكالمة طوارئ لشرطة مينيابوليس، وجدت أن نصفها جاءت من 3% فقط من مساحة المدينة [290] .

لكن هذه المعاقل لا تبقى في المناطق نفسها طوال الوقت، بل تنتقل باستمرار وتتبدل وتتحور بهدوء، مثل قطرات زيت فوق المياه، وأحياناً حتى بين يوم وآخر. وعندما انتقل براتون إلى لوس أنجلوس في 2002، بدأ في التساؤل إن كانت هناك أنماط أخرى بوسعها إخبارك متى ستحدث الجرائم كما ستخبرك بـ أين. أهناك طريقة تتجاوز النظر للجرائم التي حدثت بالفعل؟ بدلاً من الاستجابة للجرائم -ما أحبط مابل من قبل- أو محاربتها حينما تحدث، أهناك طريقة أيضاً لتوقعها؟

عندما يتعلق الأمر بتوقع جريمة، فحوادث السطو على البيوت نقطة بداية جيدة. فتلك تحدث عادة في عنوان بعينه، تعلم جيداً أين حدثت، على عكس النشل مثلاً. في النهاية هناك احتمال ألّا يلاحظ الضحية اختفاء هاتفه إلّا بعد عودته لبيته. أغلب من تعرضوا لسطو سيبلّغون عنه أيضاً، هكذا تصبح لدينا قاعدة بيانات جيدة وغنية فعلاً، وهو ما يصعب جمعه في المخالفات المتعلقة بالمخدرات مثلاً. بالإضافة إلى أن لدى الناس غالباً فكرة جيدة عن الموعد الذي تعرضّت فيه بيوتهم للسطو (مثلاً عندما كانوا في عملهم، أو إبان خروجهم في المساء)، وهي معلومات لن تتوفر لك في جرائم مثل التخريب.

هناك شيء مشترك بين مقتحمي البيوت وبين القتلة والمغتصبين المتسلسلين الذين درسهم روزمو: الميل إلى تفضيل المناطق المألوفة لديهم. نحن نعلم الآن أن هناك احتمال كبير لتعرضك للسطو إن كنت تسكن في شارع يستخدمه اللص باستمرار، في طريقه للعمل أو للمدرسة مثلاً[291] . نحن(*) نعلم أيضاً أن لدى اللصوص النشطين مزاج خاص في اختيار الشارع: يميلون لتجنب الطرق المكتظة بالمرور، برغم ذلك يحبون الشوارع المحفوفة بمارّة غير مكترثين وليسوا من سكانها، لاستخدامهم في التغطية (طالما لا يوجد أيضاً الكثير من أهل المنطقة الفضوليين المتلكئين في الأنحاء لاعبين دور الحراس)[292] .

*- هنا، عندما أقول (نحن)، فأنا أعني ذلك حرفياً. هذه الدراسة بعينها كانت ورقة عملتُ عليها مع طالب الدكتوراه الرائع عندي مايكل فريث Michael Frith.

لكن هذين ليسا إلا أول عنصرين من عناصر جاذبية بيتك للّص. نعم، ثمة عناصر لا تتغير مع الزمن، مثل أين تعيش وإلى أي مدى ينشغل شارعك، تلك «علامة flag» على جاذبية بيتك المستمرة كهدف. لكن قبل أن تتسرع لبيع بيتك والانتقال إلى شارع هادئ مسدود ذي نظام جيد لمراقبة الحي، عليك أيضاً إدراك أن معاقل الجرائم لا تظل ساكنة. العنصر الثاني في جاذبية بيتك هو ما يمكن اعتباره العنصر الأهم، وهو يعتمد على ماذا يحدث بالضبط الآن في الحي الذي تسكن فيه. ويُعرف ذلك بـ «التعزيز boost».

إن تعرضت للسطو مرتين في فترة قصيرة، فأنت تعرف أكثر من اللازم عما يُعرف بتأثير التعزيز. مثلما ستخبرك الشرطة إن أصبحت ضحية سطو لأول مرة، ينزع المجرمون لمهاجمة الموقع ذاته مراراً، ما يعني أنه أينما كنت تسكن، فأنت أكثر عرضة للسطو في الأيام التالية للحادثة. في الواقع، فرصة استهدافك يمكن أن ترتفع هذه المرة اثني عشر ضعفاً[293] .

هناك بعض الأسباب التي ربما توضح لماذا قد يقرر اللص العودة إلى بيتك. ربما لأنه عرف تخطيطه، أو أين تحتفظ بمتعلقاتك الثمينة (عادة ما تُستبدل الأشياء مثل أجهزة التلفاز والكمبيوتر بسرعة أيضاً)، أو الأقفال على أبوابك، أو طرق الهروب المحلية، أو ربما الأمر أنه قد لمح شيئاً نفيساً المرة السابقة لم يستطع أخذه. أياً كان السبب، فتأثير التعزيز لا ينطبق عليك وحدك. وجد الباحثون أن فرصة تعرض بيوت جيرانك للسطو بعدك تتعزز أيضاً، ومثلها فرص جيران جيرانك، وجيران جيران جيرانك، وهكذا على طول الشارع كله.

يمكنـك تخيّـل هـذه التعزيـزات تنتشـر وتتفـرع عبـر المدينـة مثل عـرض ألعـاب نارية. كلمـا ابتعـد عـن الشـعلة الأصليـة، يضعـف تأثيـر التعزيـز ويبهـت أكثـر فأكثـر. ويبهـت أيضـاً بمـرور الوقـت أيضـاً، إلـى أن يختفـي كليـاً بعـد شـهرين (إلا إن وقعـت جريمـة جديـدة تُعيـد إطـلاق التعزيـز)[294].

للعلامـات والتعزيـز فـي الجرائـم أبنـاء عمومـة فـي عالـم الظواهـر الطبيعيـة: الـزلازل. نعـم، أنـت لا تسـتطيع توقـع أيـن ومتـى سيضـرب الزلـزال الأول (برغـم أنـك تعـرف أن بعـض الأماكـن أكثـر عرضـة للـزلازل مـن غيرهـا). لكـن مـا أن تبـدأ الأرض فـي الارتجـاف، يكـون بوسـعك الحديـث بعقلانيـة عـن أيـن تتوقـع حـدوث الهـزات الارتداديـة وكـم سـتتكرر، بأعلـى درجـة خطـر فـي موقـع الزلـزال الأصلـي، وتقـل كلمـا ابتعـدت، وتبهـت بمـرور الوقـت.

وكان تحـت توجيـه براتـون أن رُبـط لأول مـرة بيـن أنمـاط الـزلازل والسـطو علـى البيـوت. وحرصـاً منهـم علـى إيجـاد طريقـة لتوقـع الجرائـم، أقامـت شـرطة لـوس أنجلـوس شـراكة مـع مجموعـة علمـاء رياضيـات مـن جامعـة كاليفورنيـا لـوس أنجلـوس UCLA، وسـمحت لهـم بالخـوض فـي كل البيانـات التـي اسـتطاع أفـراد الشـرطة وضـع أيديهـم عليهـا: 13 مليـون جريمـة حدثـت خـلال ثمانيـن عامـاً. رغـم أن علمـاء الجريمـة فـي ذلـك الوقـت كانـوا يعرفـون عـن الأعـلام والتعزيـز منـذ عـدة سـنوات، إلا إن مجموعـة UCLA خـلال بحثهـم عـن أنمـاط فـي البيانـات، صـاروا أول مـن يـدرك أن المعـادلات الحسـابية الجميلـة التـي تتوقـع خطـورة الصدمـات الزلزاليـة والهـزات الارتداديـة، يمكـن اسـتخدامها أيضـاً فـي توقـع الجرائـم والجرائـم

الارتدادية. لم تعمل تلك الطريقة مع السطو على البيوت فقط، بل كانت نافعة في توقع كل شيء، من سرقة السيارات وحتى السطو والعنف والتخريب.

العواقب كانت بكل تأكيد زلزالية. صار بدلاً من مجرد القول إن منطقة ما كانت ضحية جرائم مؤخراً «أكثر عرضة للخطر» بشكل عام، بوسعك باستخدام هذه المعادلات أن تحدد بالضبط ما هذه الخطورة، نزولاً إلى مستوى كل شارع على حدة. وبمعرفة أن منطقة بعينها من المدينة ستكون مركز انتباه مقتحمي البيوت في ليلة بعينها (على مستوى الاحتمالات)، بات من السهل كتابة خوارزم يستطيع إخبار الشرطة أين يركزون انتباههم.

وهكذا وُلدت الشرطة التنبؤية PREDictive POLicing (PredPol).



**مكتب رهانات الجريمة**

ربما سمعتَ بالشرطة التنبؤية بالفعل. فلقد كانت موضوع آلاف مقالات الأخبار منذ انطلاقها في 2011، عادة تحت عنوان يشير إلى فيلم توم كروز (تقرير الأقلية Minority Report). كأنها كيم كردشيان Kim Kardashian الخوارزميات: شديدة الشهرة، محطّ انتقادات الإعلام، ولكن لا يوجد من يفهم فعلاً ماذا تفعل.

إذن قبل أن تملأ مخيلتك بصورة العرافين الراقدين في أحواض المياه يصرخون بنبوءاتهم، دعني أشذب توقعاتك قليلاً. الشرطة التنبؤية لا تتتبّع الناس قبل ارتكابهم الجرائم. لا تستطيع استهداف الأفراد إطلاقاً، فقط الجغرافيا. أعلم أني استخدمت

كلمات التنبؤ مراراً، لكن الخوارزم لا يستطيع فعلياً رؤية المستقبل. فهو ليس بلورة الساحر. يستطيع فقط التنبؤ بخطورة الحوادث المستقبلية، لا الحوادث نفسها، وذلك فارق دقيق لكنه هام.

تخيل الخوارزم وكأنه الناصح الذي ينصحك بمن عليك أن تراهن في مكتب رهانات. عندما يتزاحم مجموعة من رجال الشرطة حول خريطة للمدينة، يراهن كل منهم على أين ستحدث الجريمة الليلة، فالشرطة التنبؤية هي من تحسب الاحتمالات. تلعب دور المرشد، وتسلط الأضواء على الشوارع والمناطق المُرجح وقوع أحداث فيها هذا المساء، على هيئة مربعات حمر صغيرة على الخريطة.

السؤال المحوري هنا هو: هل اتباع نصائح المرشد مُجزية؟ بغاية اختبار براعة الخوارزم [295]، فقد وُضع في منافسة مع اثنين من أفضل محللي الجرائم من البشر، في تجربتين مختلفتين، واحدة في مقاطعة كنت Kent جنوب إنجلترا، والأخرى في القسم الجنوب الغربي من لوس أنجلوس. الاختبار كان مواجهة مباشرة، كل ما على الخوارزم والخبير فعله كان وضع 20 مربعاً على خريطة، يمثل كل منها مساحة من 150 متراً مربّعاً ويشير إلى المناطق التي يُرجح فيها وقوع أكثر الجرائم في الساعات الاثنتي عشرة التالية.

قبل أن نصل للنتائج، يجب التأكيد على مدى صعوبة الأمر. إن أُلقيت تلك المهمة على عاتقك أو عاتقي، بفرض أننا لا نعرف الكثير عن مشهد الجريمة في كاليفورنيا أو كنت، ما سنفعله في الغالب لن يتجاوز إلقاء المربعات على الخريطة عشوائياً. لن

تغطي المربعات البائسة إلا القليل من المساحة -واحد على ألف من المساحة الكلية في حالة كنت [296] - وكل 12 ساعة سيكون عليك إزالة تخميناتك السابقة والبدء من جديد. بهذا التشتت العشوائي، يمكننا تخمين أننا «سنتوقع» بنجاح أقل من 1% من الجرائم [297].

أداء الخبراء كان أفضل بكثير من ذلك. تمكن المُحلل في لوس أنجلوس من توقع 2.1% من الجرائم التي ستحدث بدقة [298]، وأداء المُحلل البريطاني كان أفضل بمتوسط دقة 5.4% [299]، وهي درجة مذهلة، خاصة عندما تأخذ في اعتبارك أن خارطة كنت تكافئ تقريباً عشرة أضعاف خارطة لوس أنجلوس.

لكن نجاح الخوارزم غطى الجميع. ففي لوس أنجلوس تمكن من التوقع بنجاح أكثر من ضعفي عدد الجرائم التي تمكن الإنسان من توقعها، وفي مرحلة ما في تجربة المملكة المتحدة، خُمس الجرائم التي وقعت تقريباً كانت في المربعات الحمر التي وضعها الخوارزم [300]. ربما الشرطة التنبؤية ليست كرة الساحر البلورية، لكن لم يتمكن أي شيء في التاريخ من النظر في مستقبل الجرائم بهذا القدر من النجاح.

### التطبيق الفعلي للتوقعات

لكن هناك مشكلة. ففي حين أن الخوارزم ممتاز نسبياً في توقع أين ستحدث الجرائم خلال الساعات الاثنتي عشرة التالية، كان لدى الشرطة هدف مختلف قليلاً: تقليل الجرائم خلال الساعات الاثنتي عشرة التالية. إذ بعد أن يقدم الخوارزم توقعاته، ليس من الواضح تماماً ما الذي يجب فعله بعد ذلك.

ثمة بعض الخيارات بالطبع. في حالة السطو، بوسعك تركيب كاميرات مراقبة أو إرسال شرطيين متخفيين للقبض على المجرمين متلبّسين. لكن لعل الأفضل للجميع إن ركزت جهودك في منع الجريمة قبل حدوثها. في النهاية، أيهما تفضل: أن تكون ضحية لجريمة يُعتقل مرتكبها؟ أو أن لا تكون ضحية لجريمة أصلاً؟

بوسعك تحذير السكان المحليين أن ممتلكاتهم في خطر، ربما تعرض عليهم تحسين أقفال أبوابهم، وربما تركيب أجهزة إنذار أو مؤقتات لتشغيل الإضاءة فيحسب اللصوص المحتملون أن لعل هناك من بالبيت. هذا ما فعلَته إحدى الدراسات في مانشستر Manchester عام 2012 [301]، حيث تمكنوا من تقليل عدد جرائم السطو بما يزيد عن الربع. لكن كان هناك جانب سلبي صغير: طبقاً لحسابات الباحثين، أسلوب «تقوية الأهداف target hardening» ذاك كلفهم 3,925 جنيه إسترليني مقابل كل سطو مُنع حدوثه [302]. حاول إقناع شرطة لوس أنجلوس بذلك، الذين يتعاملون مع 15,000 حادثة سطو على منشآتٍ كل سنة [303].

يوجد خيار آخر لا يختلف عن تكتيك شرطة تقليدي يُدعى «ضباط في النقاط cops on dots» إلا قليلاً.

أخبرني ستيف كولجان Steyve Colgan، وهو شرطي متقاعد اعتاد العمل في المدن الكبرى: «أيام زمان، كانت [الدوريات] جغرافية تماماً. هات خريطة وقطعها وقسمها. أنت في تلك المنطقة، وأنت في تلك. بهذه البساطة». المشكلة كانت، طبقاً لحسابات دراسة بريطانية، أن شرطي الدورية الذي يتجول

عشوائياً في المنطقة المُكلف بها على قدميه، قد يقابل جريمة سطو تحدث في نطاق مئة ياردة منه مرة كل ثمان سنوات [304].

مع ضباط في النقاط بوسعك إرسال دورياتك إلى معاقل الجريمة التي يشير إليها الخوارزم بدلاً من ذلك. الفكرة هي، بالطبع، إن كانت الشرطة مرئية بقدر الإمكان في المكان المناسب بالوقت المناسب، فهناك احتمال أكبر أن يحولوا دون ارتكاب الجرائم، أو أن يستطيعوا على الأقل الاستجابة أسرع بعد وقوعها.

هذا بالضبط ما حدث في كنت. خلال المرحلة الثانية من الدراسة، بينما كانت النوبة الليلية في بدايتها، طبع الرقيب الخريطة ذات المربعات الحمر التي تظلل المناطق عالية الخطورة ذلك المساء. كلما وجدت دورية الشرطة المنطقة هادئة، كانت تذهب إلى أقرب مربع أحمر، ويخرج رجالها من السيارة، ليتجولوا في الأنحاء.

ذات مساء، في منطقة لا ترتادها الشرطة عادة، وجدوا امرأة من شرق أوروبا وطفلها في الشارع. اتضح أن المرأة كانت في علاقة مُشينة، وكان الطفل قد تعرّض قبل دقائق قليلة لاعتداء جنسي. الرقيب المسؤول تلك الليلة أكد «لقد وجدنا هذين لأنهما كانا في مربع الشرطة التنبؤية» [305]. لاحقاً في تلك الليلة، قُبض على المشتبه به في مكان ليس ببعيد.

لم تكن الأم وطفلها الوحيدين اللذين تلقيا مساعدة الخوارزم خلال تجربة ضباط في النقاط، بل انخفضت الجريمة في كنت بنسبة 4%. دراسات شبيهة في الولايات المتحدة (أجرتها الشرطة التنبؤية بنفسها) أعلنت انخفاضاً أكبر في الجريمة. في منطقة

فوتهيل Foothill بلوس أنجلوس، انخفضت الجريمة بمعدل 13% في الشهور الأربعة الأولى من استخدام الخوارزم، برغم زيادتها بنسبة 0.4% في باقي المدينة، حيث الاعتماد على طرق شرطة تقليدية. وفي ألهامبرا Alhambra، مدينة في كاليفورنيا لا تبعد كثيراً عن لوس أنجلوس، أظهرت الدراسة انخفاضاً مذهلاً يصل إلى 32% في اقتحام البيوت و20% في سرقة السيارات، بعد تطبيق الخوارزم في يناير [306] 2013.

الأرقام رائعة، لكن في الواقع من الصعب التأكد إن كان الفضل يرجع للشرطة التنبؤية أم لا. توبي دايفز Toby Davies، عالم الرياضيات والجريمة في كلية لندن الجامعية، قال لي: «يحتمل أن مجرد تشجيع أفراد الشرطة على الذهاب إلى الأماكن والترجل من سياراتهم والمشي في الأنحاء، بغض النظر عن المكان، قد يؤدي إلى تقليل [الجريمة] على أية حال».

ثمة مسألة أخرى هنا. لو كان الحال في الواقع: كلما بحثتَ أكثر عن الجريمة يزداد احتمال أن تجدها، فلربما إذن أن مجرد فعل إرسال رجال الشرطة يمكنه تغيير سجلات الجريمة. قال لي دايفز: «عندما تتواجد الشرطة في مكان، يكتشفون جرائم أكثر مما كانوا ليفعلوا لو لم يتواجدوا. حتى لو كان نفس عدد الجرائم يحدث في مكانين، ستكتشف الشرطة منها الأكثر في المكان المتواجدون فيه من المكان الآخر».

يعني ذلك أن ثمة جانباً سلبياً ضخماً قد ينتج عن استخدام تكتيك ضباط في النقاط. بإرسالك الشرطة إلى منطقة لمواجهة الجريمة بناءً على توقعات الخوارزم، فأنت تخاطر بالوقوع في دائرة تغذية عكسية.

فمثلاً لو كان معدل الجريمة مرتفعاً في أحد الأحياء الفقيرة في بداية الأمر، فقد يتوقع الخوارزم حدوث مزيد من الجرائم هناك في المستقبل. نتيجة لذلك يذهب أفراد الشرطة إلى الحيّ، ما يعني أنهم سيكتشفون جرائم أكثر. وبالتالي سيتوقع الخوارزم المزيد، وسيذهب إلى هناك المزيد من أفراد الشرطة، وهلمّ جرّاً. يُحتمل أن تكون دائرة التغذية العكسية تلك مشكلة بالنسبة للجرائم المرتبطة بالمناطق الفقيرة، مثل التسول والتشرد وتعاطي المخدرات.

في المملكة المتحدة، حيث ثمة شرائح من المجتمع تشكو عادة من قلة تواجد الشرطة في الشوارع، قد لا يبدو تركيز انتباه الشرطة على مناطق بعينها، وعلى الفور، أمراً جائراً. لكن العلاقة مع الشرطة ليست إيجابية بالنسبة للجميع. قال لي دايفز: «منطقيٌّ أن يشعر من يرون أفراد الشرطة يتجولون أمام بيوتهم كل يوم بالقمع جراء ذلك، حتى لو لم يكن هناك من يرتكب أية جريمة، حتى لو كان الشرطي لا يفعل أكثر من المشي رائحاً غادياً. فأنت يكاد يكون لديك الحق ألّا تكون تحت الضغط طوال الوقت، تحت أعين الشرطة».

أجد في نفسي الميل للموافقة.

لذا، فإن أي خوارزم سليم يجب أن يُبنى بحيث يكون قادراً على مراعاة تكتيكات الشرطة. هناك طُرق -نظرية على الأقل- تتأكد من أن الخوارزم لن يستهدف أحياء بعينها بشكل غير متناسب مع البقية، مثل إرسال الشرطة عشوائياً للمناطق متوسطة الخطورة مثلما مع المناطق مرتفعة الخطورة. لكن لسوء الحظ لا توجد

طريقة للتأكد إن كانت الشرطة التنبؤية قادرة على تجنب دوائر التغذية العكسية تلك بالكامل، أو إن كانت تعمل بعدالة بشكل عام. ذلك لأن خوارزم الشرطة التنبؤية هو ملكية خاصة، لا تتوفر سطور أكواده للعامة، فلا أحد يعرف بالضبط كيف يعمل.

برنامج الشرطة التنبؤية ليس الوحيد في السوق. فهناك منافس يُدعى هانش-لاب HunchLab، يعمل من خلال دمج مختلف الإحصائيات عن منطقة بعينها: الجرائم المُبلغ عنها، ومكالمات الطوارئ، وتعداد السكان (وقياسات أخرى مثيرة للريبة، مثل أطوار القمر). لا توجد في هانش-لاب نظرية ضمنية، فهو لا يحاول الوصول إلى لماذا تحدث الجريمة في بعض المناطق أكثر من أخرى، بل هو ببساطة يُبلغ عن الأنماط التي يجدها في البيانات. نتيجة لذلك، يمكن الاعتماد عليه في توقع أنواع جريمة أكثر من الشرطة التنبؤية (التي تملك في قلبها نظريات عن كيف تنتج عن المجرمين أنماط جغرافية). لكن بما أن هانش-لاب أيضاً محمي كمُلكية فكرية، يستحيل فعلياً التأكد من الخارج أنه لا يُميز دون قصد مجموعات بعينها من الناس عن غيرها [307].

وهناك خوارزم تنبؤي مبهم آخر يُدعى قائمة الموضوعات الاستراتيجية Strategic Subject List، تستخدمه شرطة شيكاغو [308]. ينحو هذا الخوارزم منحى مختلفاً تماماً عن البقية. فبدلاً من التركيز على الجغرافيا، يحاول توقع أي أفراد قد يتورطون في جرائم أسلحة نارية. اعتماداً على عوامل مختلفة، يُنشئ «قائمة ساخنة heat list» تتضمن من يُحتمل تورطهم في جرائم عنف بالأسلحة النارية في المستقبل القريب، سواء بإطلاقها أو بالتعرض لنيرانها. النظرية سليمة:

ضحايا اليوم هم غالباً جناة الغد. ونوايا البرنامج حسنة: يزور أفراد الشرطة الناس على قائمة المراقبة، ويعرضون عليهم الوصول إلى برامج تساعدهم على تحسين حياتهم.

لكن ثمة مخاوف من أن قائمة الموضوعات الاستراتيجية قد لا تحقق ما وعدت به. تحقيق قريب قامت به مؤسسة راند RAND غير الربحية استنتج أن وجود الفرد على القائمة لا يشكل أي فارق فعلي في احتمال تورطه في حادث إطلاق نار[309]. لكنه يعني في المقابل ترجيح احتمال اعتقاله. لعل ذلك، بحسب استنتاج التقرير، بسبب أن الشرطة ببساطة تعامل قائمة المراقبة على أنها قائمة مشتبه بهم كلما وقع إطلاق نار.

خوارزميات التنبؤ البوليسية مُبشرة بلا شكّ، والمسؤولون عن بنائها يفعلون ذلك بنوايا صافية بالتأكيد. لكن المخاوف المُثارة بخصوص التفرقة والانحياز منطقية. وبالنسبة لي، تلك أسئلة جوهرية عندما يتعلق الأمر بالمجتمعات العادلة، فلا يمكننا ببساطة قبول تأكيدات أن مؤسسات تطبيق القانون ستستخدمها بإنصاف. ذلك واحد من أمثلة عدة تشير إلى كم نحتاج بشدة إلى خبراء مستقلين ووكالات تنظيمية للتأكد من أن الفوائد التي يحققها الخوارزم تفوق الأذى.

الأذى المُحتمل يفوق التوقعات. مثلما رأينا بالفعل في أمثلة أخرى مختلفة، هناك خطر حقيقي في هالة السلطة التي بوسع الخوارزم إضفاؤها على النتائج غير الصحيحة. والعواقب هنا قد تكون هائلة. مجرد قول الكمبيوتر لشيء، لا يعني بالضرورة صحته.

كان ستيف تالي Steve Talley نائماً في بيته جنوب مدينة دنفر Denver الأمريكية عندما سمع طرقاً على الباب [310]. فتحه ليجد رجلاً يعتذر عن اصطدامه بسيارته دون قصد. طلب الغريب من تالي أن يخطو خارجاً ليلقي نظرة. فعل ذلك، وبينما انحنى ليقيّم الضرر في باب السائق الجانبي بسيارته [311]، انفجرت قنبلة ضوئية. ثم ظهر ثلاثة رجال يرتدون معاطف وخُوذاً سوداً وطرحوه أرضاً. وقف أحدهم على وجهه، وقيّد آخر ذراعيه، فيما أخذ الثالث ينهال عليه ضرباً بعقب بندقية.

إصابات تالي كانت بالغة. بنهاية ذلك المساء كان يعاني من ضرر عصبي وجلطات دموية وقضيب ذكري مكسور [311]. سيقول لاحقاً لصحافي من موقع ذا إنترسيبت The Intercept «لم أكن أعلم حتى أن القضيب ينكسر. كنت في مرحلة ما أصرخ منادياً الشرطة، ثم أدركت أن من يضربونني هم الشرطة» [313].

اعتُقل ستيف تالي بتهمة السطو على بنكين محليين. تعرض شرطي للاعتداء في الحادثة الثانية، ما عدّه تالي تفسيراً للطريقة الوحشية التي قُبض عليه بها. تذكر كيف صاح في أفراد الشرطة: «قلت لهم إنهم مجانين، إنهم يقبضون على الشخص الخطأ!».

لم يكن تالي كاذباً. فاعتقاله كان نتيجة للشبه الشديد بينه وبين الرجل على اليمين، السارق الحقيقي.

**جدول المقارنة 12**


ص1: صورة الكاميرا من قاعة البنك الأمريكي


ص1: صورة ستيفن تالي

رغم أن من أرشد الشرطة لتالي كان عامل الصيانة في المبنى حيث يعيش، بعدما رأى الصور في الأخبار المحلية، إلا أن من أكد في النهاية أن الشخص محل التساؤل في الصورة هو تالي [314]، كان خبيراً في المباحث الفيدرالية يستخدم برنامج التعرف على الوجوه بعدما فحص لقطات كاميرات المراقبة لاحقاً [315].

كان تالي يملك حجة غياب صلبة، لكن بفضل شهادة خبير المباحث الفيدرالية، سيحتاج إلى ما يزيد عن العام ليبرّئ اسمه بالكامل. إلى ذلك الحين ظل محتجزاً في سجن شديد الحراسة قرابة الشهرين إلى أن ظهرت أدلة كافية للإفراج عنه. نتيجة لذلك عجز عن العمل، وبانتهاء محنته كان قد خسر وظيفته وبيته وإمكانية رؤية أطفاله. كل ذلك نتيجة مباشرة لإساءة التعرف عليه.

إن خوارزميات التعرف على الوجوه في طريقها لتصبح جزءاً مألوفاً من الشرطة المعاصرة. عند تقديم صورة فوتوغرافية أو مقطع فيديو أو لقطة من كاميرا ثلاثية الأبعاد لهذه الخوارزميات، ستلتقط الوجه الموجود فيها، وتقيس سماته، وتقارنه بقاعدة بيانات الوجوه المعروفة بهدف تحديد هوية الشخص المُصوَّر.

في برلين، خوارزميات التعرف على الوجوه القادرة على التعرف على المشتبه بكونهم بإرهابيين، مُدرّبة على الجموع التي تمرّ من محطات القطار [316]. وفي الولايات المتحدة، أدت هذه الخوارزميات إلى أكثر من أربعة آلاف اعتقال منذ 2010 بتهم النصب وسرقة الهوية، في ولاية نيويورك فقط [317]. وفي المملكة المتحدة، الكاميرات المثبتة على سيارات تبدو كسيارات غوغل ستريت-فيو Google StreetView محسنة، تتجول أوتوماتيكياً في الأنحاء، تقارن ملامحنا بملامح من في قاعدة بيانات المطلوبين [318]. أحرزت تلك الشاحنات أول نجاح لها في يونيو 2017، بعد أن مرت بجوار رجل في جنوب ويلز كانت الشرطة قد أصدرت مذكرة اعتقال في حقه [319].

سلامتنا وأمننا يعتمدان غالباً على قدرتنا على التعرف على الوجوه. لكن قد يكون من الخطورة ترك هذه المهمة بين أيدي البشر. خذ عندك مثلاً ضباط الجوازات؛ في دراسة حديثة هدفت لمحاكاة البيئة الأمنية للمطارات، فشل هؤلاء المحترفون في التعرف على الوجوه في كشف أشخاص يحملون هويات خاطئة 14% من المرات، ورفضوا خطأً 6% ممن يطابقون هوياتهم [320]. لا

أعلم ما رأيك، لكني أجد هذه الأرقام مقلقة جداً عندما نقارنها بأعداد من يمرون يومياً من مطار هيثرو Heathrow.

مثلما سنرى، بوسع خوارزميات التعرف على الوجوه بلا شك القيام بالمهمة أفضل من البشر. لكن بينما تُطبق في البحث عن المجرمين، حيث عواقب إساءة التعرف شديدة الخطورة، يُثير استخدامها سؤالاً هاماً: إلى أي مدى يمكن خلط هوية فرد بهوية آخر؟ كم منا من يملك شبيهاً على طريقة ستيف تالي يختبئ في مكان ما بالخارج؟

تقترح دراسة من 2015 أن فرصة وجود شبيه مطابق لك في الحياة الواقعية (سواء كان لصّ بنوك أو غيره) ضئيلة لدرجة التلاشي. تيغان لوكاس Teghan Lucas، البروفيسورة في جامعة أديليد Adelaide الأسترالية، أخذت ثمانية قياسات وجهية من صور فوتوغرافية لأربعة آلاف شخص، وفشلت في إيجاد أي تطابق بينهم، ما جعلها تستنتج أن فرصة تطابق الوجوه الشخصية أقل من واحد في التريليون [321]. بهذه الحسابات، لا يُعدّ تالي مجرد «قليل الحظ». بوجود توأمه الشرير الواحد في التريليون يعيش بالقرب منه وكونه مجرماً، بوسعنا توقع مرور عشرات آلاف الأعوام قبل أن تمرّ روح تعيسة أخرى بنفس التجربة البائسة.

برغم ذلك هناك أسباب تدعو للاشتباه أن هذه الأرقام ليست دقيقة. بينما يصعب بلا شك تخيل مقابلة شخص يحمل نفس وجهك، فالحكايات المبرهنة على وجود التوائم الأغراب تظهر بمعدل أكثر مما يقترحه بحث لوكاس.

خذ عندك نيل دوجلاس Neil Douglas، الذي كان يركب

طائرة متجهة إلى إيرلندا، عندما أدرك جلوس شبيهه في مقعده. فإن صورة «السيلفي» التي أخذاها معاً، وفي خلفيتها باقي ركاب الطائرة يضحكون، انتشرت بسرعة فيروسية. وسرعان ما أخذ الصُهب المُلتحون من جميع أنحاء العالم يرسلون صورهم لتوضيح أنهم كذلك يشاركونهم التشابه. قال نيل لـ BBC: «في لحظة ما صرت أشعر أن هناك جيشاً صغيراً منا»[322].



بل حتى أنا لدي قصة تُضاف للمجموعة. عندما كنت في الثانية والعشرين، عرض عليّ صديق صورة رآها على صفحة فرقة موسيقية محلية في موقع Myspace. كانت كولاجاً من الصور المُلتقطة في حفلة لم أحضرها، تُظهر مجموعة من الناس يقضون وقتاً ممتعاً، بينهم واحدة تبدو مألوفة إلى حدّ مزعج. راسلت مغني الفرقة عبر البريد الإليكتروني للتأكد أني لم أثمل ذات ليلة بلا قصد لأهيم على وجهي في حفلة لا أذكر عن حضورها الآن شيئاً، وأكد ما حسبته: تحظى شبيهتي عاشقة

موسيقى السينث-بوب synth-pop بحياة اجتماعية أفضل مني.

إذن فأنا وتالي ودوجلاس، لكل منا على الأقل نظير واحد، ويُحتمل وجود غيرنا. نحن ثلاثة على الأقل بين 7.5 مليار إنسان. تجاوزنا تقدير لوكاس الواحد في التريليون دون حتى أن نبدأ في العدّ بجدية. ثمة سبب لذلك التضارب. يعود ذلك لتعريف الباحثين للـ«تماثل». تطلبت دراسة لوكاس أن تتطابق قياسات الشخصين بالكامل. حتى مع تشابه نيل وشبيهه إلى حدّ لا يصدق، إن اختلفت فتحة أنف أو شحمة أذن أحدهما بقدر ميليمتر واحد، لن يُعتبرا متماثلين طبقاً لمعاييرها.

لكن حتى عندما تقارن صورتين لنفس الشخص، لن تعكس القياسات المتطابقة كيف يتغير الواحد منا باستمرار، عبر التقدم في العمر أو المرض أو الإرهاق أو التعبيرات المرتسمة على وجوهنا أو التشويه الذي تسببه زاوية الكاميرا. حاوِل القبض على جوهر الوجوه بالمليمتر، وستجد نفس القدر من التنوع في وجه الفرد الواحد مثلما ستجد بين الناس. باختصار، لا يمكن بالقياسات وحدها التفرقة بين وجه وآخر.

رغم أنهما قد لا يبدوان متطابقين تماماً، بوسعي تخيل الخلط بين نيل وتوأمه الغريب في الصورة بسهولة. بالمثل في حالة تالي، لم يبدُ ستيف المسكين أصلاً شبيهاً لهذه الدرجة بالسارق الحقيقي، ومع ذلك أساء خبراء المباحث الفيدرالية تفسير الصور لدرجة اتهامه بجرم لم يرتكبه وإلقائه في زنزانة مشددة الحراسة.

مثلما أوضح ضباط الجوازات، يسهل إلى حدّ مذهل الخلط بين الوجوه غير المألوفة، حتى إن كان بينها مجرد تشابه عابر.

اتضح أن البشر سيئون إلى حدّ مذهل في التعرف على الأغراب. ذلك هو السبب خلف ادّعاء صديقة لي أنها احتملت بالكاد الجلوس ومشاهدة فيلم المخرج كريستوفر نولان Christopher Nolan الجميل دنكيرك Dunkirk، لأنها كانت تعاني في التفريق بين الممثلين. ولهذا يجد المراهقون في «استعارة» هوية صديق أكبر سناً لشراء الكحول ما يستحق العناء. ولهذا يُقدر مشروع البراءة the Innocence Project، وهي مؤسسة قانونية غير ربحية في الولايات المتحدة، أن إساءة تعرف شهود العيان على الوجوه تلعب دوراً فيما يزيد عن 70% في الإدانات الظالمة [323].

ومع ذلك، بينما قد يخلط شاهد عيان بسهولة نيل مع رفيق سفره، لن تجد أمه بالتأكيد أية مشكلة في الإشارة على ابنها في الصورة. عندما يتعلق الأمر بمن نعرفهم، نحن رائعون في التعرف على الوجه، حتى في حالة أشباه العالم الواقعي: قد يبدو من السهل الخلط بين توأمين متطابقين إن كانا فقط من بين معارفك، لكن يسهل بنفس القدر التفرقة بينهما عندما تعرفهما بما يكفي.

وهنا تكمن النقطة الحرجة: الشبه في عين ناظره. دون تعريف حاسم للتشابه، أنت لا تقدر على قياس كيف يختلف وجهان، وليس ثمة نقطة بعينها بوسعنا القول عندها إن هنالك وجهين متطابقين. لا تستطيع تعريف ما الذي يعنيه أن يكون لأحدهم شبيه متطابق، أو قول إلى أي مدى قد يكون وجه بعينه شائعاً، أو، وهو الأهم، تعيين احتمال أن أي صورتين هما في الواقع لنفس الشخص.

يعنـي ذلـك أن التعـرف علـى الوجـوه كوسـيلة لتحديـد الهويـة ليس مثل الحمـض النـووي، الـذي يجلس فـي فخـر على عـرش مـن الاحصائيـات الصلبـة. عندمـا يُسـتخدم اختبـار الحمـض النـووي فـي معامـل الطـب الجنائـي، يركـز التحليـل علـى مقاطـع بعينهـا مـن التسلسـل الجينـي معروفـة بأنهـا متغيـرة إلـى حـدّ كبيـر بيـن البشـر. مـدى التبايـن هـو المفتـاح: إن كان التسلسـل الجينـي فـي عينـة أنسـجة بشـرية وُجـدت فـي مسـرح جريمـة يطابـق التسلسـل فـي مسـحة لعـاب متّهـم، بوسـعك حسـاب احتمـال انتمـاء التسلسلين للفـرد ذاتـه. يعنـي أيضـاً أنـك قـادر علـى قيـاس بالضبـط فرصـة امتـلاك شـخص منحـوس آخـر لتسلسـل جينـي متطابـق فـي تلـك المقاطـع [324]. كلمـا اسـتخدمت علامـات أكثـر، كلمـا قلـت فرصـة وقوعـك فـي الخطـأ. وهكـذا باختيـار عـدد العلامـات فـي الاختبـار، يصبـح لـكل نظـام قضائـي فـي العالـم السـلطة الكاملـة لتقريـر درجـة الشـك الـذي هـو مسـتعد للتعامـل معهـا [325].

برغـم شـعورنا بالارتبـاط الجوهـري بيـن وجوهنـا وهوياتنـا الحقيقيـة، دون معرفـة نـوع التبايـن بيـن البشـر، تبقـى عمليـة التعـرف علـى هويـة الجنـاة مـن وجوههـم بـلا دعـم مـن العلـم الصـارم. وعندمـا يتعلـق الأمـر بالتعـرف علـى النـاس مـن الصـور، بحسـب اقتبـاس مـن عـرض تقديمـي قدمتـه وحـدة الطـب الشـرعي بالمباحـث الفيدراليـة الأمريكيـة، «الافتقـار إلـى احصائيـات يعنـي أن الاسـتنتاجات لا تسـتند إلا علـى آراء» [326].

لسـوء الحـظ، فـأن اسـتخدام الخوارزميـات للتعـرف علـى الوجـوه بـدلاً منـا لا يحـل هـذه المعضلـة، مـا يعـد سـبباً مهمـاً للتعامـل بحـذر

عندما نستخدمها لإيجاد المجرمين. التشابه والهوية ليسا الشيء ذاته، ولن يكونا أبداً، مهما صارت الخوارزميات دقيقة.

وهناك سبب آخر هام للاستخدام الحذِر لخوارزميات التعرف على الوجوه، فهي ليست بالمهارة التي قد تظنها عليها في التعرف على الوجوه.

**واحد في المليون؟**

تعمل الخوارزميات باستخدام نهج من اثنين. النوع الأول يبني نموذجاً ثلاثي الأبعاد من وجهك، سواء عبر دمج سلسلة من الصور ثنائية الأبعاد أو عبر مسح وجهك باستخدام كاميرا خاصة ذات أشعة تحت حمراء. نظام فيس آي. دي. Face ID الذي تستخدمه أبل في هواتف آيفون يتبنى هذه الطريقة. وجدت هذه الخوارزميات طريقة لتجاوز مشاكل اختلاف تعبيرات الوجه والتقدم في السن، بالتركيز على مناطق في الوجه ذات عظام وأنسجة صلبة، مثل تقوس تجويف عينك أو طرف أنفك.

ادعت أبل أن فرصة قدرة شخص عشوائي على فتح هاتفك باستخدام فيس أي. دي. هي واحد في المليون. لكن الخوارزم ليس بلا ثغرات. فهو قابل للخداع من قبل التوائم [327] والأشقاء[328] والأطفال مع هواتف آبائهم (بعد انطلاق فيس أي. دي. بقليل، ظهر فيديو لطفل في العاشرة استطاع خداع التعرف على الوجه في آيفون أمه. عليها الآن مسح رسائلها إن كان بها شيء لا ترغب أن يراه ابنها) [329].

وهنـاك أيضـاً تقاريـر عـن أن الخـوارزم يمكـن خداعـه بقنـاع خـاص مطبـوع بالطباعـة ثلاثيـة الأبعـاد، عليـه صـور بالأشـعة تحت الحمـراء ملصقـة مـكان الأعيـن [330]. معنـى كل ذلـك أن بينمـا قـد يكون الخـوارزم مـلائمـاً لفتح هاتفـك، على الأرجـح لا يمكـن الاعتمـاد عليـه بعـد ليسـمح لـك بالوصـول إلـى حسـاباتك البنكيـة.

ولا تصلـح هـذه الخوارزميـات ثلاثيـة الأبعـاد أيضـاً مـع فحـص صـور جـوازات السـفر أو مـا تصـوره كاميـرات المراقبـة. لذلـك نحتـاج لنـوع ثـان مـن الخوارزميـات، يلتـزم بالصـور ثنائيـة الأبعـاد ويسـتخدم نهجـاً احصائيـاً. لا تشـغل هـذه الخوارزميـات نفسـها مباشـرة بالمعالـم التـي قـد نعتبرهـا أنـا وأنـت سـمات مميـزة، بـدلاً مـن ذلـك تبنـي وصفـاً إحصائيـاً لأنمـاط الضـوء والظـلام فـي الصـورة. مثـل الخوارزميـات المبنيـة للتعـرف علـى الكلاب فـي فصـل «فـي الطـب»، أدرك الباحثـون مؤخـراً أنـه بـدلاً مـن الاعتمـاد علـى البشـر لتحديـد أيـة أنمـاط هــي الأفضـل، بوسـعك جعـل الخـوارزم يتعلـم أفضـل تركيبـة بنفسـه. باسـتخدام تجـارب التعلـم والخطـأ مـع قواعـد بيانـات ضخمـة للوجـوه. يكـون ذلـك عـادة باسـتخدام الشـبكات العصبيـة. هـذه المنطقـة مـن الخوارزميـات هــي التـي حدثـت فيهـا القفـزات الواسـعة إلـى الأمـام فـي الأداء والدقـة مؤخـراً. لكـن هـذا الأداء يأتـي بثمـن؛ ليـس مـن الواضـح دومـاً بالضبـط كيـف يقـرر الخـوارزم إن كان وجـهٌ مـا يشـبه آخـر.

يعنـي ذلـك أن أحـدث الخوارزميـات الموجـودة يمكـن أيضـاً خداعهـا بسـهولة. بمـا أنهـا تعمـل مـن خـلال التقـاط الوصـف الاحصائـي لأنمـاط الضـوء والظـلام علـى الوجـوه، تسـتطيع بسـهولة

خداعها فقط بارتداء نظارة غير تقليدية مطبوع عليها نمط تمويهي. بل والأفضل من ذلك، بتصميم نمط تمويهي بعينه يُعطي إشارة وجه شخص آخر، تستطيع بالفعل جعل الخوارزم يحسبك ذلك الشخص، مثلما فعل الشاب في الصورة التالية، بارتدائه نظارة تجعله يبدو «شبيهاً» بالممثلة ميلا جوفوفيتش[331] Milla Jovovich. استخدام نظارة للتنكر؟ يبدو أن كلارك كنت Clark Kent كان يعلم ماذا يفعل برغم كل شيء.





لكن، بوضع الهجوم باستخدام النظارات المموهة جانباً، فإن قدرات التعرف عند هذه الخوارزميات الإحصائية حصدت كثيراً من عناوين الأخبار المُبهرة، مثل تلك التي استقبلت بحفاوة نظام غوغل فيس-نيت FaceNet. لاختبار مهاراته، طُلب من فيس-نيت أن يحدد هوية خمسة آلاف صورة لوجوه مشاهير. كان المتعرفون على الوجوه من البشر قد شرعوا في المهمة ذاتها من قبل ونجحوا بشكل استثنائي، إذ حددوا هوية 97.5% بدقة (وهو ليس بالأمر المفاجئ، بما أن وجوه المشاهير مألوفة عادة للمشاركين[332]. لكن أداء فيس-نيت كان أفضل، إذ بلغت درجة دقته 99.6%.

على السطح، يبدو ذلك وكأن الآلة قد أتقنت مهارات تعرف على الوجوه خارقة لقدرات البشر. تبدو تلك نتيجة رائعة، ويمكن القول إنها جيدة كفاية لتبرير استخدام الخوارزميات في تحديد هويات المجرمين. لكن ثمة مشكلة. فيما يتعلق باختبار خوارزمك، فإن خمسة آلاف وجه في الواقع عدد قليل إلى حدّ مثير للشفقة. وهو إن كان سيُستخدم في مكافحة الجريمة، سيحتاج لإيجاد وجه بين ملايين وليس فقط آلاف.

هذا لأن شرطة المملكة المتحدة لديها الآن قاعدة بيانات مكونة من 19 مليون صورة لوجوهنا، أنشأتها من كل الصور الملتقطة لكل من قُبض عليهم متّهمين بارتكاب جريمة. في الآن ذاته لدى المباحث الفيدرالية الأمريكية قاعدة بيانات فيها 411 مليون صورة، قيل إنها تحتوي على صور نصف الأمريكيين الناضجين [333]. وفي الصين، حيث قاعدة بيانات بطاقات الهوية تسمح بوصول سهل لمليارات الوجوه، استثمرت السلطات بالفعل ثقلها في التعرف على الوجوه. هناك كاميرات مثبتة في الشوارع ومحطات القطار والمطارات يفترض أنها تلتقط كل شيء، من المجرمين المطلوبين إلى عابري الطرق دون إشارة خضراء، فيما هم ينتقلون بين مدن بلدهم [334]. (بل أن هناك اقتراح بضم مخالفات المواطنين الثانوية في العالم المادي، مثل إلقاء المخلفات في غير مكانها، لدرجات نظام سيسمي كريديت، ما يجذب أنواع العقاب المرتبطة به، التي استكشفناها في فصل «في البيانات»).

وهنا تكمن المشكلة: إن فرصة إساءة التعرف تتضاعف بشدة مع تراكم الوجوه في الكومة. كلما بحث الخوارزم بين وجوه أكثر،

كلما زادت فرصته أكثر في إيجاد وجهين متشابهين. وهكذا فعندما تحاول استخدام هذه الخوارزميات نفسها على فهارس وجوه أضخم، تنهار دقّتها.

يبدو الأمر أشبه قليلاً بجعلي أطابق بطاقات هوية لعشرة غرباء، ثم، بعدما أنجح، أدعي أني قادرة على التعرف على الوجوه بنجاح 100% من المرات، ومن ثم جعلي أهيم على وجهي في وسط نيويورك لتحديد المجرمين المعروفين، بعدما حصلت على الدرجة كاملة. لا مناص من أن تنخفض دقتي حينها.

الحال نفسه مع الخوارزميات. في 2015، نظمت جامعة واشنطن ما يعرف باسم تحدي ميجا-فيس MegaFace، دعوا إليه الناس من جميع أنحاء العالم لاختبار خوارزمياتهم للتعرف على الوجوه، على قاعدة بيانات ذات مليون وجه [335]. يبقى ذلك أقل كثيراً من الفهارس لدى السلطات الحكومية، لكننا نقترب. ومع ذلك، لم تُبلِ الخوارزميات حسناً في التحدي.

غوغل فيس-نيت، الذي اقترب من الكمال مع المشاهير، تمكن من تحديد هوية [*]75% فقط [336]. بلغت خوارزميات أخرى مستويات مثيرة للشفقة في الواقع، بمعدل نجاح 10%. في وقت الكتابة، يأتي أفضل الخوارزميات من الصين، يدعى تينسينت يوتو لاب Tencent YouTu Lab، والذي يستطيع التعرف بنجاح على نسبة 83.29% [337].

*- يرتبط هذا الرقم بعدد الوجوه المتطابقة فعلاً التي لم يرَها الخوارزم عندما ضُبط على تجنب إساءة التعرف. هناك المزيد عن نوع الأخطاء التي قد يرتكبها الخوارزم في فصل «في العدالة»، والطرق الخاطئة لقياس الدقة في فصل «في الطب».

بقول آخر، إن بحثت عن مجرم معين وسط طابور رقمي به الملايين ، فأنت في أفضل السيناريوهات بناءً على تلك الأرقام، لن تجد الشخص الصحيح مرة كل ست مرات.

الآن يجدر بي إضافة أن التطور في تلك المنطقة يحدث بسرعة. وأن معدلات الدقة تزداد باطراد، ولا يوجد من يستطيع القول بثقة إن كان ذلك سيحدث في الأعوام أم في الشهور المقبلة. لكني أستطيع إخبارك بأن أشياء مثل الاختلاف في الإضاءة ووقفة الشخص وجودة الصورة والمظهر العام، تجعل دقة واعتمادية التعرف على الوجوه مشكلة عويصة بالتأكيد. نحن على مسافة بعيدة نوعاً من الدقة الكاملة عند التعرف على قاعدة بيانات من 411 مليون وجه، أو من القدرة على إيجاد ذلك النظير الواحد في التريليون.

## الموازنة

هذه حقائق مُنبّهة، لكنها لا تعني بالضرورة نهاية الطريق. هناك خوارزميات جيدة كفاية لتُستخدم في بعض المواقف. مثلاً في أونتاريو Ontario بكندا، يتطوع من يعانون من إدمان القمار بوضع أنفسهم على قوائم تمنعهم من دخول الكازينو. فإن وهن عزمهم، ستلتقط وجوههم خوارزميات تعرّف، وتدفع بفريق عمل الكازينو إلى أن يطلب منهم الرحيل بأدب [338]. في هذا النظام بالتأكيد ظلم لمن يُمنعون خطأً من الدخول وقضاء ليلة ممتعة على طاولة الروليت، لكني أعتقد أن ذلك ثمن نستحق دفعه مقابل مساعدة المتعافين من إدمان القمار على مقاومة الإغراءات القديمة.

المثل يحدث في متاجر التجزئة. فقد اعتاد حراس أمن المتاجر على تعليق صور لصوص البضائع في مكاتبهم، الآن بوسع الخوارزميات مطابقة وجهك بقاعدة بيانات اللصوص المعروفين ما أن تعبر عتبة المتجر. فإن طابق وجهك واحداً من السارقين، يُرسل إنذار لهواتف الحراس المناوبين الذكية، الذين يقدرون على ملاحقتك بين الممرات.

ثمة سبب وجيه يجعل المتاجر ترغب في استخدام هذا النوع من التكنولوجيا. تُقدر مخالفات متاجر التجزئة المرتكبة كل عام في المملكة المتحدة وحدها بـ 3.6 مليون مخالفة، ما يُكلف أصحابها حوالي 660 مليون جنيه استرليني [339]. وعندما تأخذ في اعتبارك إنّ في 2016 قُتل 91 متّهماً بالسرقة في مواقع متاجر التجزئة في الولايات المتحدة [340]، فيمكن القول أن هذه الوسيلة لمنع المجرمين من دخول متجر قبل أن يتصاعد الموقف أفضل للجميع.

لكن هذا الحل عالي التقنية لمشكلة السرقة من المتاجر يأتي بجوانب سلبية، الخصوصية على سبيل المثال لا الحصر (فيس-فيرست FaceFirst، أحد أكبر الموردين لهذا النوع من البرمجيات الأمنية، يدعي أنه لا يُخزن صور الزبائن العاديين، لكن المتاجر بلا شك تستخدم التعرف على الوجوه لتتبع عاداتنا في التسوق). ثم هناك مسألة من الذي ينتهي به الحال على القائمة الرقمية السوداء؟ كيف لك معرفة أن كل من في القائمة موجودون هناك لأسباب سليمة؟ ماذا عن أن المتّهم بريء حتى تثبت إدانته؟ ماذا عن الناس الذين يصلون للقائمة بالصدفة، كيف يُخرجون أنفسهم

منها؟ بالإضافة مرة أخرى إلى احتمال إساءة تعرف الخوارزم الذي لا يمكن أن يصبح كامل الدقة.

السؤال هو إذا ما كانت الحسنات تغلب السيئات. وليس له إجابة سهلة. حتى متاجر التجزئة لا تتفق. بعضها يتبنى التكنولوجيا بحماس، بينما تنأى الأخرى عنها، بما فيها شركة والمارت، التي ألغت تجربة فيس-فيرست في متاجرها بعدما فشلت في جلب العائد الاستثماري الذي كانت الشركة تأمل فيه [341].

لكن في حالة الجريمة، فإن الموازنة بين الصالح والطالح تبدو أوضح بكثير. صحيح أن هذه الخوارزميات ليست الوحيدة الواقفة على أساس إحصائي هشّ نسبياً. فمطابقة البصمات ليس لها معدل أخطاء معروف أيضاً [342]، ولا تحاليل آثار العضّ وأنماط تناثر الدم [343] والمقذوفات [344]. في الواقع، طبقاً لورقة نشرتها الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم The US National Academy of Sciences في 2009، لا تستطيع أي من تقنيات علم الطب الشرعي، عدا تحليل الحمض النووي، «إثبات علاقة بين دليل وبين فرد أو مصدر بعينه» [345]. برغم ذلك لا يوجد من يستطيع إنكار قيمتها المذهلة جميعاً كأدوات بوليسية، فقط طالما لا يُرتكن أكثر من اللازم على الدليل الذي تمثله. لكن مستوى دقة حتى أكثر خوارزميات التعرف على الوجوه تطوراً ليست بالجودة التي قد نرغبها. هناك حجة تقول طالما هناك ولو مخاطرة بسيطة بحدوث حالات أخرى مثل ستيف تالي، إذن فلا يجب استخدام هذه التكنولوجيا غير الكاملة في المساعدة من حرمان شخص من حريته. المشكلة الوحيدة هي أن الحكايات

مثل حكاية تالي لا ترسم الصورة كاملة. لأنه بينما هناك جوانب سلبية ضخمة في استخدام التعرف على الوجوه للقبض على المجرمين، هناك جوانب إيجابية عظيمة.

### المقايضة الصعبة

في مايو 2015، ركض رجل في شوارع مانهاتن، مهاجماً المارة عشوائياً بمطرقة نجّارية سوداء. في البداية داهم مجموعة من الناس بالقرب من مبنى إمباير ستيت Empire State وحطم مؤخرة رأس شاب في العشرين من عمره. بعد ست ساعات اتجه جنوباً إلى يونيون سكوير Union Square، وضرب سيدة تجلس بهدوء على مقعد في حديقة بنفس المطرقة على جانب رأسها. وبعد دقائق قليلة ظهر مرة أخرى، مستهدفاً هذه المرة سيدة في الثالثة والثلاثين من عمرها تسير في الشارع المجاور للحديقة [346]. باستخدام ما التقطته كاميرات المراقبة للهجمات، استطاع خوارزم تعرف على الوجوه معرفة أنه ديفيد باريل David Baril، رجل نشر قبل الهجمات بشهور صورة مطرقة تقطر دماً على إنستغرام [347]. اعترف بالذنب في القضايا الناجمة عن الهجمات، وحُكم عليه باثنتين وعشرين سنة في السجن.

يُحيي التطور في خوارزميات التعرف على الوجوه القضايا الميتة أيضاً. تمكن خوارزم في 2014 من كشف رجل أمريكي كان يعيش طريداً باسم مستعار لخمسة عشر عاماً. فرّ نيل ستامر Neil Stammer عندما خرج بكفالة من تهم تتضمن الخطف والإساءة الجنسية لطفل. قُبض عليه مجدداً عندما فحص

الخوارزم إعلان المباحث الفيدرالية عن المطلوبين المتضمن صورته، وقارنه بقاعدة بيانات جوازات السفر، ووجد تطابقاً مع شخص يعيش في نيبال تحمل صورة جوازه اسماً آخر [348].

بعد صيف 2017، حينما مات 8 أشخاص في هجوم إرهابي على جسر لندن، بوسعي تقدير كم هي الفائدة التي قد تأتي من نظام يستخدم مثل هذا الخوارزم. كان يوسف زغبة Youssef Zaghba أحد ثلاثة أشخاص صدموا بشاحنتهم المارة قبل أن ينطلقوا في فورة طعن بجوار بورو ماركت Borough Market. كان على قائمة مراقبة المشتبه بكونهم إرهابيين في إيطاليا، وربما كان خوارزم تعرف على الوجوه ليتعرف عليه أوتوماتيكياً قبل دخوله البلد.

لكن كيف لك أن تختار في هذه المساومة بين الخصوصية والحماية؟ بين العدالة والأمان؟ كم ستيف تالي آخر مستعدون لقبوله مقابل التعرف السريع على أشخاص مثل ديفيد باريل ويوسف زغبة؟

انظر لإحصائيات شرطة نيويورك. فقد أعلنت في 2015 أنها تمكنت من التعرف على 1700 مشتبه به بنجاح، ما أدى إلى 900 اعتقال، بينما أسأت التعرف على 5 أفراد [349]. بقدر مأساة كل واحد من هؤلاء الخمسة، يظل السؤال: هل هذه نسبة مقبولة؟ هل هذا السعر الذي نحن مستعدون لدفعه مقابل تقليل الجريمة؟

مثلما اتضح، الخوارزميات عديمة الجوانب السلبية، مثل تنميط كيم روزمو الجغرافي الذي ناقشناه في بداية الفصل؛ هي الاستثناء لا القاعدة. فيما يتعلق بمكافحة الجريمة، كل طريق

تسلكه ستجد فيه خوارزميات مبشرة بالخير في ناحية ما، لكنها قد تكون مثيرة لقلق كثير في ناحية أخرى. الشرطة التنبؤية وهانش-لاب وقائمة الموضوعات الاستراتيجية والتعرف على الوجوه، كلها تعِد بحلّ كل مشكلاتنا، وكلها تنتج مشكلات جديدة في طريقها لذلك.

في رأيي أن الحاجة لتنظيمات خوارزمية لم تكن أكثر إلحاحاً أو وضوحاً منها في حالة الجريمة، حيث مجرد وجود هذه الأنظمة يُنتج أسئلة جادة دون إجابات سهلة. سيتحتم علينا بشكل ما مواجهة هذه المعضلات المعقدة. هل يجدر بنا الإصرار على قبول الخوارزميات التي نستطيع فهمها أو النظر بداخلها فقط، عالمين أن أخذها من بين أيدي مالكيها قد يعني أنها أقل فعالية (وبالتالي ترتفع معدلات الجريمة)؟ هل نرفض أي نظام رياضي ذي انحيازات ضمنية، أو ثبتت إمكانية خطئه، عالمين أن بفعلنا ذلك فنحن نحمّل خوارمياتنا معايير أعلى من معايير النظام البشري الذي لن يبقى لنا غيره؟ ومتى يكون الانحياز زائداً عن الحد؟ ومتى يصبح لضحايا الجرائم القابلة للمنع أولوية عن ضحايا الخوارزم؟

يرجع ذلك جزئياً إلى رأينا، كمجتمع، فيما يجب أن يبدو عليه النجاح. ما هي أولويتنا؟ هل هي الحفاظ على الجريمة في أدنى حدّ ممكن؟ أم الحفاظ على حرية الأبرياء فوق كل شيء؟ إلى أي مدى أنت مستعد للتضحية ببعض من أحدهما لأجل الآخر؟

جاري ماركس Gary Marx، بروفيسور علم الاجتماع في MIT، صاغ المعضلة بشكل ممتاز في مقابلة له مع صحيفة

الجارديان: «كان معدل جريمة الشوارع في الاتحاد السوفييتي شديد الانخفاض، عندما كان تحكمهم القمعي السلطوي في أسوأ حالاته. لكن، بحق الله، بأي ثمن؟»[350]. لعلنا في النهاية نقرر أنه يجب وجود بعض الحدود لمتناول يد الخوارزم، وأن بعض الأشياء لا يجب حسابها ولا تحليلها، وأنه ربما هناك عاطفة ستنطبق في النهاية على ما يتجاوز عالم الجريمة. لعل ذلك ليس لقلة محاولة الخوارزميات نفسها، لكن لأن -فقط ربما- هناك أشياء تقع خارج نطاق رؤية الآلات عديمة الإحساس.

## في الفن

كان جاستن في وضع التأمل. في 4 فبراير 2018، في غرفة المعيشة ببيته في مدينة ممفيس Memphis في ولاية تينيسي Tennessee، جلس يشاهد مباراة السوبر بول ويأكل الحلوى. كان قد احتفل سابقاً في نفس الأسبوع بعيد ميلاده السابع والثلاثين، والآن، فيما صار تقليداً سنوياً، أخذ يتدبر في الحال الذي صارت إليه حياته.

علم أنه يجب أن يكون ممتناً. فهو يعيش حياة مريحة؛ لديه وظيفة مكتبية مستقرة من التاسعة للخامسة، لديه سقف فوق رأسه وأسرة تحبه. لكنه أراد دوماً المزيد. لطالما اعتقد خلال نشأته أن القدر يخبئ له الثراء والشهرة.

إذن كيف انتهى به الحال إلى هذه الدرجة من الـ... عادية؟ فكر بينه وبين نفسه «الأمر كله يعود لفرقة الأولاد تلك»، قاصداً الفرقة الغنائية التي انضم لها في الرابعة عشرة، «لو كانت قد اشتهرت، لاختلف كل شيء». لكن الفرقة، أياً كان السبب، فشلت. ولم يتحقق النجاح قط للكهل المسكين جاستين تمبرليك Justin Timberlake.

قانطاً، فتح زجاجة بيرة أخرى، وتخيل ماذا كان ليحدث حينها. أما على الشاشة، فقد انتهت إعلانات مباراة السوبر بول وبدأ عرض ما بين الشوطين الموسيقي. وفي كون موازٍ –مطابق تماماً لهذا الكون عدا في تفصيلة واحدة– اعتلى جاستين تمبرليك آخر المسرح.

لماذا حقق جاستين تمبرليك الحقيقي كل هذا النجاح؟ ولماذا فشل الآخر؟ قد يحاجج بعض الناس (ومنهم أنا عندما كنت في الرابعة عشرة(*)) أن نجاح نجم البوب جاستين مُستحق، فإن موهبته الفطرية وهيئته الحسنة ومهاراته في الرقص والتميز الفني لموسيقاه، كل ذلك جعل شهرته حتمية. لكن ربما يختلف الآخرون، لعلهم يدّعون أن لا شيء بعينه مميز في تمبرليك، أو أي نجم بوب فائق الشهرة غيره، من الذين تعبدهم جحافل الجماهير. يسهل إيجاد الموهوبين في الرقص والغناء بين الناس، أما النجوم فليس إلا المحظوظين منهم.

لا توجد وسيلة للتيقن بالطبع. ليس من دون بناء سلسلة من العوالم المتطابقة، وإطلاق تمبرليك في كل منها، ومتابعة تطور كل تجسّد له، لرؤية إن كان سيحقق النجاح في كل مرة. لسوء الحظ أن خلقَ الأكوان الصناعية ليس شيئاً في نطاق أيادينا، لكن إن جعلنا أبصارنا صوب موسيقيين أقل شهرة منه، سيصبح من الممكن استكشاف الأدوار النسبية للحظ والموهبة في رواج الأغاني الناجحة.

تلك بعينها كانت الفكرة وراء التجربة الشهيرة التي أجراها ماثيو سالغانيك Matthew Salganik وبيتر دودز Peter Dodds ودانكن واتس Duncan Watts في 2006، التي خلقوا فيها سلسلة من العوالم الرقمية [351]. صنع أولئك العلماء مشغّل الموسيقى

---

*- لكنني في الرابعة عشر كنت معجبة بفرقة بي. جي. ودانكن PJ and Duncan أيضاً، لذا فإن رأي تلك الفتاة لا يُعوّل عليه.

الخاص بهم على الإنترنت، الذي يشبه نسخة بدائية للغاية من سبوتيفاي Spotify، وهناك قسموا الزائرين على ثمان نسخ موازية من المواقع الموسيقية، في كل منها نفس الأغاني الثماني والأربعين لفنانين مغمورين.

فيما سيُعرف لاحقاً بمختبر الموسيقى [352]، تلقى 14,341 عاشق للموسيقى دعوة لاستخدام المُشغّل الجديد، والاستماع لأغانيه وتقييمها، وتنزيل التسجيلات التي أحبوها أكثر من البقية.

وبالضبط مثلما الحال في سبوتيفاي الحقيقي، كان بوسع الزائرين رؤية ما يسمعه بقية الناس في «عالمهم». بالإضافة لاسم الفنان وعنوان الأغنية، رأى المشاركون المجموع الكلي لمرات تنزيلها في عالمهم.

بدأت كل العدادات من الصفر، وبمرور الوقت ريثما تغيرت الأرقام، بدأت الأغاني الأكثر شعبية في العوالم الثمانية كلها تدريجياً في الاتّضاح.

في الآن ذاته، للوصول إلى معيار طبيعي ما للشعبية «الحقيقية» للتسجيلات، بنى الفريق أيضاً عالماً مُتحكَمٌ فيه، لا تتأثر فيه اختيارات الزائرين بالآخرين. هناك تظهر الأغاني بترتيب عشوائي في الصفحة -سواء في شبكة أو قائمة- لكن مع حجب إحصائيات التنزيل.

كانت النتائج مثيرة للتأمل. اتفقت العوالم كلها على أن بعض الأغاني فاشلة تماماً، بينما أغان أخرى وصلت لنجاح فريد وصارت رائجة في كل العوالم، حتى في ذلك الذي لم يستطع زواره رؤية عداد التنزيلات. لكن بين النجاح الساحق والفشل

الذريع، كان بوسع الفنانين تحقيق أي مستوى من النجاح.

خذ عندك مترو 52، 52Metro، فرقة بانك-روك من مدينة ميلووكي Milwaukee الأمريكية، التي حققت أغنيتها «Lock-down» رواجاً واسعاً في أحد العوالم، حيث انتهى بها الحال على رأس الجداول، وبرغم ذلك وقعت تماماً في عالم غيره، حيث صار ترتيبها الـ 40 من بين 48 أغنية. كانت ذات الأغنية في مواجهة ذات المنافسين، ولكن كان في ذلك العالم بعينه أن فشلت مترو 52 في الوصول [353]. أحياناً ما يكون النجاح مسألة حظ.

رغم أن الطريق إلى القمة ليس له شكل ثابت، لكن الباحثين وجدوا أن احتمال تنزيل الزائرين لتسجيلات بعينها يرتفع عند معرفتهم بتفضيل الآخرين لها. إن وصلت أغنية متوسطة للقمة بالصدفة في البداية، فإن رواجها يمكن أن يكون كرة ثلج متدحرجة. تنزيلات أكثر تؤدي إلى تنزيلات أكثر، والشعبية المحسوسة تتحول لشعبية حقيقية، هكذا يصبح النجاح النهائي مجرد عشوائية تتعاظم مع الوقت.

ثمة سبب لتلك النتائج؛ ظاهرة يعرفها علماء النفس باسم **الدليل الاجتماعي**. كلما كنا في موقف من دون معلومات كافية في جعبتنا نتخذ بناءً عليها القرارات بأنفسنا، نلجأ لنسخ سلوك الموجودين حولنا. ذلك السبب وراء زرع بعض المسارح لأفراد بين الجمهور ليصفقوا ويهلّلوا في لحظات معينة. وما أن نسمع تصفيقهم، سنشاركهم على الأرجح. عندما يتعلق الأمر باختيار الموسيقى، ليس الأمر وكأننا بالضرورة نحب الاستماع لنفس الأغاني التي يسمعها الآخرون، لكن الرواج يمثّل وسيلة سريعة

لتأمين نفسك من خيبات الأمل. قال سالغانيك لموقع لايف ساينس LiveScience حينها: «يواجه الناس خيارات متعددة. وبما أنك لا يسعك الاستماع إليها جميعاً، فالطريق المختصر الطبيعي هو الاستماع لما يستمع إليه الآخرون»[354].

نحن نستخدم الرواج كمؤشر على الجودة في كل أشكال الترفيه. على سبيل المثال، فحصت دراسة في 2007 تأثير الظهور في قائمة جريدة نيويورك تايمز لأعلى الكتب مبيعاً، على تلقي الرأي العام للكتاب. باستغلال ثغرات الطريقة التي تُوضع بها القائمة، تتبّع ألان سورنسن Alan Sorensen، صاحب الدراسة، نجاح الكتب التي كان يجب أن تتضمنها القائمة بناءً على معدلات بيعها الحقيقية، لكن بسبب تأخير عرضي أو سهو عفوي لم يحدث ذلك، وقارنه بنجاح تلك التي وصلت بالفعل إلى القائمة. كان التأثير الذي وجده كبيراً: مجرد الظهور في القائمة يؤدي إلى زيادة المبيعات بمعدل من 13 - 14% في المتوسط، وبمعدل 57% للمؤلفين لأول مرة.

كلما استخدمنا منصات أكثر لمعرفة ما هو رائج، مثل قوائم الأفضل مبيعاً وترتيب موقع أمازون وتقييمات روتين توماتوز Rotten Tomatoes وقوائم سبوتيفاي؛ كلما زاد تأثير الدليل الاجتماعي علينا أكثر. ويتعاظم التأثير عندما تُلقى علينا ملايين الخيارات طوال الوقت، بالإضافة إلى الدعاية والمشاهير والضجة الإعلامية والنقدية، التي تتصارع كلها على نيل انتباهك.

كل ذلك يعني أنه أحياناً ما تصل موسيقى مريعة إلى القمة. هذا ليس رأيي الساخر. فخلال التسعينيات، سرت إشاعة أن

هناك منتجَي موسيقى بريطانيَين قد تراهنا، وهما واعيان تماماً بهذه الحقيقة، على من منهما سيتمكن من وضع أسوأ أغنية ممكنة في قوائم الأكثر شعبية. يفترض أن نتيجة ذلك الرهان كان فريق فتيات يدعى فانيليا Vanilla، ارتكزت أول أغانيه «No way no way, mah na mah na» على أغنية المابيت شو The Muppet Show الشهيرة «Mahna Mahna». شهدت تلك الأغنية أداءً لا يمكنك وصفه بالغناء إلا لو كنت واسع الكرم، وصوراً تبدو وكأنها رُسمت برسام ميكروسوفت، وفيديو ترويجي يمكن بسهولة اعتباره الأسوأ على الإطلاق [355]. لكن في صف فانيليا كان هناك حلفاء أقوياء. بفضل بعض المجلات والظهور في قائمة BBC's Top of the Pops، تمكنت الأغنية من تحقيق المركز الرابع عشر في قوائم الأكثر رواجاً(*).

كان نجاح الفريق قصير المدى بلا شك. مع صدور الأغنية التالية كانت شهرة الفريق تتداعى بالفعل. ولم يُصدر ثالثة قط. يقترح ذلك كله أن الدليل الاجتماعي ليس العامل الوحيد المؤثر، مثلما أوضحت التجربة المكملة لفريق مختبر الموسيقى.

كانت الدراسة الثانية شبيهة إلى حدّ كبير بالأولى، لكن هذه المرة، لاختبار إلى أي مدى قد يتحول التأثر بالشهرة إلى نبوءة ذاتية التحقق، أضاف الباحثون إليها منعطفاً جديداً. ما أن سُنحت للجداول فرصة الاستقرار في كل عالم، حتى أوقفوا

---

*- من سوء الحظ أن وسط نشر الكتاب الحالي لا يسمح بتضمن مقاطع موسيقية، لأني أرغب بشدة في جعلك تجرب سماع هذه الأغنية السيئة إلى حدّ مضحك. هلا غوغلتها؟

التجربة مؤقتاً وقلبوا القوائم رأساً على عقب. وجاء زوار جدد ليروا الأغاني التي كانت في المقدمة ترقد في القاع، بينما من كانت في الحضيض من قبل باتت الآن في صفوة الصفوة.

وعلى الفور تقريباً انخفض عدد تنزيلات الزائرين الكلي. ما أن باتت الأغاني على القمة غير مغرية، حتى فقد الناس اهتمامهم بالموسيقى في الموقع كله. الانخفاض الأكثر حدة كان في تحميلات الأغاني السيئة، التي هي الآن على قمة الجداول. أما التسجيلات الجيدة الراقدة في الأسفل فأداؤها كان أسوأ مما كان عندما كانت على القمة، لكنه يبقى أفضل من أداء ما كانت في نهاية القائمة قبلها. إن كان العلماء قد تركوا التجربة تستمر لفترة أطول كفاية، كانت الأغاني الأفضل ستستعيد رواجها. الاستنتاج: لا تحكم السوق حالة بعينها. لكل من الجودة والحظ دورٌ مؤثر [356].

بالعودة إلى الواقع، حيث لا توجد إلا بيانات عالم واحد ليُنظر فيها، ثمة تفسير مباشر لنتائج تجارب مختبر الموسيقى. الجودة مهمة، والجودة والرواج ليسا الشيء ذاته. حقيقة أن الأغاني الأفضل استعادت شعبيتها تُظهر أن بعض الأغاني في صميمها «أفضل» من غيرها. من ناحية، أغنية ممتازة يؤديها فنان رائع مصيرها هو النجاح (على الأقل نظرياً). لكن المشكلة أن العكس ليس بالضرورة صحيحاً على الناحية الأخرى. مجرد نجاح شيء ما لا يعني أبداً أن جودته عالية.

أما تعريف الجودة ذاتها فهي مسألة مختلفة تماماً، سنتطرق إليه بعد قليل. لكن بالنسبة للبعض، فالجودة نفسها ليست مهمة

بالضـرورة. إن كنـت شـركة تسـجيلات أو منتـج أفـلام أو دار نشـر، سؤال المليـون دولار هـو: هـل بوسـعك التعرف علـى النجاح المضمون مقدمـاً؟ أتسـتطيع الخوارزميـات التعـرف علـى مـا سـيصبح رائجـاً؟

**البحث عن الرواج**

الاسـتثمار فـي الأفـلام أمـر خطيـر. قليلـة هـي الأفـلام التـي تجلـب الأربـاح، أغلبهـا يحقـق بالـكاد تكاليـف انتاجـه، والإخفاقـات ليسـت بعيـدة عـن تلـك الصناعـة [357]. إنـه مجـال محفـوف بالمخاطر: عندمـا تصـل تكاليـف صناعـة فيلـم إلـى عشـرات أو مئـات الملاييـن، فالفشـل فـي التكهـن بحجـم الطلـب علـى المنتـج يكـون باهظـاً إلـى درجـة كارثيـة.

ذلـك كان الـدرس الـذي تعلمتـه شـركة ديزنـي Disney بالطريقـة الصعبـة مـع فيلـم جـون كارتـر John Carter الـذي صـدر عـام 2012. أنفـق الاسـتوديو 350 مليـون دولار فـي صنـع ذلـك الفيلـم، الـذي كان مُقـدراً لـه أن يكـون مسـتهل سلسـلة كبـرى مثـل قصـة لعبـة Toy Sto-ry والبحـث عـن نيمـو Finding Nemo. لـم تشـاهده؟ ولا أنـا. فشـل الفيلـم فـي قـدح مخيلـة الجماهيـر وانتهـى بـه الحـال خاسـراً 200 مليـون دولار، مـا أدى لاسـتقالة رئيـس اسـتوديوهات والـت ديزنـي[258].

كل سـادة وأشـراف هوليـود تقبلـوا منـذ البدايـة أنـك لا تسـتطيع التنبـؤ بالنجـاح التجـاري لفيلـم مـا بدقّـة.

إنـه عالـم الاعتمـاد علـى الحـدس. الرهـان علـى مـا قـد يشـعل أرقـام شـباك التذاكـر هـو جـزء مـن الوظيفـة. فـي 1978، صـاغ جـاك فالنتـي Jack Valenti، الرئيـس والمديـر التنفيـذي لجمعيـة الفيلـم الأمريكـي MPAA، الأمـر كالتالـي:

«لا يوجد من يستطيع أن يخبرك كيف ستؤدي الأفلام في السوق. ليس قبل افتتاح الفيلم في صالة السينما المظلمة وتطاير الشرر بين الشاشة والجمهور»[359]. بعد خمسة أعوام، في 1983، قالها ويليام جولدمان William Goldman -كاتب أفلام العروس الأميرة The Princess Bride، وبوتش كاسيدي Butch Cassidy، وساندانس كيد The Sundance Kid- باختصار أكثر: «لا أحد يعلم شيئاً»[360].

لكن، مثلما رأينا خلال هذا الكتاب، فإن الخوارزميات الحديثة قادرة على توقع ما يبدو غير متوقعاً بصورة روتينية. ما الذي يجعل الأفلام مختلفة؟ تستطيع قياس نجاح فيلم من أرباحه والقبول النقدي له. تستطيع قياس كل العوامل المختلفة فيما يخص بُنية وملامح الفيلم: طاقم الممثلين والتصنيف والميزانية ووقت العرض وبُنية الحبكة وما إلى ذلك. ما الذي يمنع إذن تطبيق التقنيات ذاتها في محاولة البحث عن الجواهر بين التراب؟ في اكتشاف الأفلام المقدر لها تحقيق النصر في شباك التذاكر؟

ذلك كان طموح عدد من الدراسات العلمية الحديثة، التي هدفت إلى الخوض في غمار المعلومات التي تجمعها وتعالجها مواقع مثل قاعدة بيانات الأفلام على الإنترنت IMDb وروتين توماتوز Rotten Tomatoes. هناك عدد من الأفكار -وربما ليس في ذلك مفاجأة- المثيرة للاهتمام مختبئة بين طيات البيانات.

خذ عندك الدراسة التي أجراها سميت سرينيفاسان Sameet Sreenivasan في[361] 2013. حين وجد أن طلب موقع IMDb من مستخدميه ترميز الأفلام بكلمات مفتاحية تصف الحبكة،

جعله قادراً على إنشاء فهرس مفصل هائل للأوصاف التي تُظهر كيف تطور ذوقنا في الأفلام بمرور الزمن. في وقت دراسته، كان فهرس الموقع يحتوي على أكثر من مليوني فيلم، تغطي ما يزيد عن القرن، لكل منها عدد من رموز الحبكة. بعض الكلمات المفتاحية كانت أوصافاً عالية المستوى للفيلم، مثل «جريمة-منظمة» أو «علاقة-ابن-بأبيه»، بعضها كان يستند إلى المكان مثل «مانهاتن-مدينة-نيو-يورك»، أو نقاط حبكة محددة مثل «تهديد-بالسلاح» أو «مقيد-إلى مقعد».

الكلمات المفتاحية وحدها تظهر أن اهتمامنا ببعض العناصر المعينة بالحبكات ينزع للقدوم في دفعات. فكر مثلاً في أفلام الحرب العالمية الثانية، أو أفلام تناقش موضوع الإجهاض. الإصدارات بخصوص موضوعات شبيهة تكون غزيرة ومتتابعة، ثم تهدأ لفترة. بأخذ الرموز كلها في الاعتبار، استطاع سرينيفاسان الوصول إلى وسيلة تقييم لدرجة إبداع الفيلم في وقت صدوره، رقم بين الصفر والواحد، يمكن مقارنته بالنجاح في شباك التذاكر.

إذا كانت نقطة بعينها في الحبكة أو سمة رئيسية بالفيلم -مثل العري الأنثوي أو الجريمة المنظمة- هي سمة شائعة في أفلام سابقة، ستجلب تلك الكلمات المفتاحية للفيلم درجة تقييم إبداعي أقل. أما أية سمات أصلية جديدة للحبكة -مثلما حين قُدّمت الفنون القتالية في أفلام الحركة في السبعينيات مثلاً- ستؤدي لأن يحقق الفيلم درجة عالية في تقييم الإبداع، عندما تُعرض تلك السمة على الشاشة.

إن علاقتنا بالإبداع معقدة مثلما اتضح. في المتوسط كلما زادت درجة الإبداع لفيلم، حقق إيرادات أعلى في شباك التذاكر. لكن إلى حدّ معين. تجاوَز عتبة الإبداع تلك وستجد جرفاً هاوياً في انتظارك. الإيرادات ستنهار لأي فيلم يتجاوز تقييمه 0.8. أظهرت دراسة سرينيفاسان ما خمنه علماء الاجتماع منذ وقت طويل: نحن ننفر من العادي، لكننا أيضاً نكره المختلف جذرياً. أفضل الأفلام هي التي تقبع في تلك المساحة الضيقة اللذيذة بين ما هو «جديد» وبين «ليس جديداً لهذه الدرجة».

قد يكون التقييم الإبداعي مفيداً لشركات الإنتاج في تجنب دعم المشاريع شديدة السوء، لكنه لن يكون مفيداً للغاية إن أردت معرفة مصير فيلم بعينه. لهذا الغرض قد يكون عمل مجموعة من الباحثين الأوروبيين أكثر فائدة. فقد اكتشفوا علاقة بين عدد التعديلات في صفحة فيلم على موقع ويكيبيديا في الشهر الذي يسبق موعد عرضه وعوائد شباك التذاكر النهائية [362]. غالباً ما يقوم بتلك التعديلات أفراد لا علاقة لهم بإنتاج الفيلم، هم فقط عشاق سينما عاديون يشاركون في إثراء الصفحة بالمعلومات. كثرة التعديلات تشير إلى الضجة المثارة حول الصدور، ما يقود بدوره إلى عوائد أعلى في شباك التذاكر.

القدرة التوقعية الكلية لنموذجهم كانت متواضعة: من بين 312 فيلم في الدراسة، تمكنوا من التخمين السليم لعوائد 70 فيلم بدقة 70% أو أعلى. لكن كلما كان أداء فيلم أفضل، وكلما حدثت تعديلات أكثر في صفحته بويكيبيديا، زادت البيانات المتوفرة لدى الفريق لمتابعتها وتحسنت دقة توقعاتهم. وصلت درجة دقة تخمينهم لعوائد شباك التذاكر لستة أفلام عالية الإيرادات إلى 99%.

هـذه الدراسـات مثيـرة للاهتمـام جداً فكرياً، لكن نموذجاً يعمل بكفـاءة فقـط فـي الشـهر الـذي يسـبق الطـرح لا يفيـد المسـتثمرين للغايـة. مـاذا عـن التعامـل مـع المسـألة مباشـرة بـدلاً مـن ذلـك؟ بأخـذ كل العوامـل المعروفـة مسـبقاً فـي عمليـة الإنتـاج -مثـل التصنيـف ومـدى شـهرة الممثليـن الأساسـيين والتصنيـف العمـري (لـكل أفـراد العائلـة أو +12... إلـخ)- واسـتخدامها مـع خـوارزم تعلـم آلـة لتوقّـع إن كان الفيلـم سـيحقق رواجـاً؟

قامـت دراسـة شـهيرة فـي 2005 بعمـل ذلـك بالضبـط، إذ اسـتخدمت شـبكة عصبيـة لتخميـن أداء فيلـم قبـل طرحـه فـي السـينما بفتـرة طويلـة[363]. لتبسـيط الأمـور بقـدر الإمـكان، تخلـى الباحثـون عـن محاولـة توقـع العوائـد بالضبـط، بـدلاً مـن ذلـك حاولـوا تصنيـف الأفـلام إلـى تسـع فئـات، تتـراوح بيـن الفشـل الذريـع وبيـن تحطيـم شـباك التذاكـر مـن فـرط النجـاح. لسـوء الحـظ، حتـى مـع تلـك الخطـوة لتبسـيط المشـكلة، لـم تبلـغ النتائـج كل مـا يُرغـب فـي بلوغـه. تجـاوز أداء الشـبكة العصبيـة أيـة وسـيلة إحصائيـة أخـرى جُرّبـت مـن قبـل، لكنهـا تمكنـت مـن التصنيـف السـليم للأفـلام فقـط 36.9% مـن المـرات فـي المتوسـط. وكانـت أفضـل قليـلاً فـي التصنيـف الأعلـى -الـذي تحقـق أفلامـه عوائـد أكثـر مـن 200 مليـون دولار- إذ اسـتطاعت التعـرف علـى أفـلام البلوك-باسـتر الحقيقيـة بنسـبة 47.3%. لكـن علـى المسـتثمرين الحـذر، فحوالـي 10% مـن الأفـلام التـي اعتبرهـا الخـوارزم نجاحـات مؤكـدة حققـت مـا يقـل عـن 20 مليـون دولار، وهـو رقـم مثيـر للشـفقة بالمعاييـر الهوليوديـة.

دراسات عديدة منذ ذلك الحين حاولت تحسين هذه التوقعات، لكن أياً منها لم يحقق حتى الآن أية قفزة ذات أهمية للأمام. كل الأدلة تشير إلى الاتجاه ذاته: إلى أن تحصل على بيانات ردود الفعل الأولية لدى الجمهور، يبقى الرواج غير قابل للتوقع إلى حدّ كبير. عندما يصل الأمر للبحث عن الرائع من الأفلام بين كومة منها، فجولدمان كان على حق، لا أحد يعلم شيئاً.

### قياس الجودة

إذن فتوقُّع الرواج أمر مراوغ. لا توجد طريقة سهلة للتفريق بين ما نحبه ولماذا نحبه. ما يطرح بالأحرى مشكلة لخوارزميات المملكة الإبداعية. فلو كنت لا تستطيع استخدام الرواج لتحديد ما هو «جيد»، كيف تقيس الجودة إذن؟

وهذا أمر مهم: إن أردنا من الخوارزميات بلوغ أية درجة من الاستقلالية في عالم الفنون -سواء لإبداع أعمال جديدة أو لتقديم آراء ذات مغزى في الفن الذي نبدعه بأنفسنا- سنحتاج لوجود نوع من معايير الجودة. يجب أن تكون هناك طريقة موضوعية لتوجيه الخوارزم في الاتجاه الصحيح، حقيقة صلبة يستطيع الرجوع إليها. مقابل فني لـ«هذا التجمع من الخلايا سرطاني» أو «خرج المتّهم ليرتكب جريمة». يصعب تحقيق تطور دون ذلك. لا يمكننا تصميم خوارزم قادر على تلحين أو إيجاد أغنية «جيدة» إن كنا غير قادرين على تعريف ما نقصد بالـ«جودة».

لسوء الحظ، محاولتنا لإيجاد تقييم موضوعي للجودة، تضعنا في مواجهة مباشرة مع مسألة فلسفية محل نزاع منذ أيام

أفلاطون، مسألة أثارت الجدل لأكثر من ألفي عام. كيف تستطيع الحكم على القيمة الجمالية للفن؟

بعض الفلاسفة، مثل جوتفريد ليبنتز Gottfried Leibniz، يحاججون بأن لو كانت هناك أعمال فنية لكان بوسعنا جميعاً الاتفاق على جمالها، كتمثال داود لمايكل أنجلو Michelangelo أو مقطوعة لاكريموسا Lacrimosa لموتسارت Mozart، إذن فيجب أن يكون هناك جوهر ما للجمال يمكن قياسه وتعريفه، يجعل عملاً ما أفضل موضوعياً من آخر.

في المقابل، من النادر أن يتّفق الجميع. فلاسفة آخرون، مثل ديفيد هيوم David Hume، يحاججون بأن الجمال في عين الناظر. خذ عندك مثلاً أعمال أندي وارهول Andy Warhol، الذي يُعتبر تجربة جمالية قوية بالنسبة للبعض، بينما لا يجده آخرون يختلف فنياً عن علبة حساء معدنية.

وهناك آخرون، من بينهم إيمانويل كانط Immanuel Kant، قالوا إن الحقيقة تكمن بين الجانبين، إن أحكامنا على الجمال ليست ذاتية بالكامل، ولا يمكن أن تكون موضوعية تماماً. بل هي أحكام حسية وعاطفية وفكرية في الآن ذاته، والأهم، قابلة للتغير مع الزمن، تبعاً لحالة الملاحظ العقلية.

هناك بالتأكيد بعض الأدلة تدعم تلك الفكرة. قد يتذكر محبّو بانكسي كيف نصب كشكاً في منتزه سنترال بارك بنيويورك في 2013، ليبيع من دون الإفصاح عن هويته لوحات أصلية بالأبيض والأسود مرسومة بالسبراي، مقابل 60 دولار للواحدة. كان الكشك واحداً من صف أكشاك متعددة تبيع العديد من الأشياء

السياحية، لذا لا شك أن التسعيرة بدت مبالغاً فيها للمارة. مرت عدة ساعات قبل أن يقرر أحدهم ابتياع واحدة. في المجمل، حصيلة اليوم كانت 420 دولاراً[364]. لكن بعد عام، في دار مزادات بلندن، مشتر آخر سيرى في العمل ذاته قيمة فنية عالية كفاية لإغرائه بإنفاق 68000 جنيه إسترليني (حوالي 115000 دولار في ذلك الوقت) على لوحة واحدة [365].

أعترف أن بانكسي ليس محبباً للجميع (وصفه تشارلي بروكر Charlie Brooker –صانع مسلسل المرآة السوداء Black Mirror– ذات مره بأنه «منفوخ الرأس تبدو أعماله ذكية فقط للحمقى [366]»). إذن لعلك تقول إن هذه الحكاية ليست إلا دليلاً على حقيقة أن أعمال بانكسي في صميمها خالية من أية جودة. الأسعار الباهظة لدرجة تدمع العيون ليست إلا نتيجة للضجة الرائجة (والدليل الاجتماعي). لكن أحكامنا الجمالية المتقلبة يمكن ملاحظتها أيضاً مع أشكال فنية ذات جودة عالية لا يمكن إنكارها.

مثالي المفضل يأتي من تجربة أجرتها صحيفة واشنطن بوست[367] في 2007. طلبت الصحيفة من عازف الكمان المُحتفى به عالمياً جوشوا بيل Joshua Bell، أن يضيف حفلة أخرى إلى جدوله من حفلات المسارح الفاخرة المباعة تذاكرها. مسلحاً بكمانه من طراز ستراديفاريوس Stradivarius الذي يبلغ ثمنه 3.5 مليون دولار، وقف بيل بالقرب من قمة سلم كهربي بمحطة مترو في العاصمة الأمريكية واشنطن، خلال ساعة الذروة الصباحية، ووضع على الأرض قبعة لتلقي التبرعات، وعزف لثلاث وأربعين دقيقة. مثلما وصفت الصحيفة ما حدث، كان هناك «واحدٌ من

أفضل عازفي الموسيقى الكلاسيكية في العالم، يعزف بعض أرقى ألحان الموسيقى التي كُتبت على الإطلاق، على واحدة من أفضل آلات الكمان التي صنعت حتى الآن». والنتيجة؟ توقف سبعة أشخاص ليستمعوا له لوهلة، بينما عبر أمامه أكثر من ألف آخرين. بنهاية أدائه، كان بيل قد جمع 32.17 دولار في قبعته.

ما نعتبره «جيداً» يتغير أيضاً. في حين ظلت الذائقة لأنواع معينة من الموسيقى الكلاسيكية صامدة بشكل ملحوظ برغم مرور الوقت، لا يمكن قول الشيء ذاته على باقي الأنواع. درس أرماند ليروي Armand Leroi، بروفيسور علم الأحياء التطوري في كلية لندن الإمبراطورية Imperial College London: تطور موسيقى البوب، ووجد في دراساته أدلة دامغة على تغير الذائقة. «ثمة حدّ داخلي للملل في أعماق الناس. ثمة توتر يتزايد فيما يبحث الناس عن شيء جديد [368]».

خذ عندك مثلاً آلة الطبول Drum machine وجهاز المزج Synthesizer اللذين صارا موضة شائعة في موسيقى البوب مع أواخر الثمانينيات، فقد شاع استخدامهما لدرجة أن التنوع الموسيقي في قوائم الأكثر شعبية اختفى. يشرح ليروي: «صار لكل شيء صوت مادونا Madonna في بدايتها أو فرقة دوران دوران Duran Duran. قد تقول عندها «حسناً. لقد بلغنا ذروة البوب، وجدنا أخيراً الشكل النهائي الأفضل»، عدا أن ذلك بالطبع لم يحدث. فسرعان ما عاد التنوع الموسيقي بعد ذلك للقوائم مع وصول الهيب هوب hip hop. سَألتُ ليروي: «أكان في الهيب هوب شيء ما مميز سبب ذلك التغير؟»، «لا أظن ذلك. كان يمكن

أن يكون أي شيء غيره، فقط تصادف أنه كان الهيب هوب. وهو ما استجاب إليه المستهلك الأمريكي قائلاً: حسناً، هذا جديد، أعطنا منه المزيد».

المغزى من ذلك: حتى لو كان هناك معيار موضوعي ما يجعل عمل فني بعينه أفضل من آخر، طالما كان للسياق دور في تقديرنا الجمالي للفن، ليس من الممكن وضع معيار ملموس للجودة الجمالية يعمل في كل مكان وزمان. مهما استخدمت من تقنيات إحصائية أو خدع ذكاء اصطناعي أو خوارزميات تعلم آلة، تظل محاولة استخدام الأرقام لإمساك جوهر التميز الفني أشبه بمحاولة القبض على الدخان بيدك.

لكن الخوارزم يحتاج إلى شيء ما يستخدمه. فما أن تأخذ منه الرواج والجودة المتأصلة، فلا يبقى معك ما يمكن قياسه إلا التشابه مع ما كان من قبل.

لا يزال هناك الكثير مما يمكن تحقيقه بقياس التشابه. عندما يتعلق الأمر ببناء محركات ترشيح، مثل تلك الموجودة في نتفليكس وسبوتيفاي، يمكن القول إن التشابه هو أفضل ما يمكن قياسه. لدى كلتا الشركتين وسيلة لمساعدة المستخدمين على اكتشاف أفلام وأغان جديدة، بما أنهما خدمات تعتمد على الاشتراك، فلديهما ما يحفزهما على التوقع وبدّقة ما الذي سيستمتع به المستخدمون. لا يمكنهما إنشاء خوارزمياتهما بناءً على ما هو رائج، وإلا سينهمر على المستخدمين شلال من أغاني جستن بيبر Justin Bieber وفيلم بيبا الخنزير Peppa Pig The Movie. ولا يستطيعون أيضاً الاعتماد على وكيل ما لقياس الجودة، مثل

المراجعات النقدية، لأنهم لو فعلوا ذلك ستغرق الصفحة الرئيسية في مستنقع من الأفلام التجريبية المملة، بينما لا يرغب الناس فعلاً بعد يوم عمل شاق إلا في فيلم مثير رديء أو التحديق في رايان جوسلينج Ryan Gosling لساعتين.

في المقابل يسمح التشابه للخوارزم بالتركيز مباشرة على التفضيلات الفردية. ما الذي يسمعه الفرد؟ ما الذي يشاهده؟ ما الذي يعود إليه مراراً وتكراراً؟ من هنا، بوسعك استخدام IMDb أو ويكيبيديا أو مدونات الموسيقى أو مقالات المجلات للحصول على سلسلة من الكلمات المفتاحية لكل أغنية أو فنان أو فيلم. افعل ذلك للفهرس كله، تصبح بعدها خطوة إيجاد ترشيحات أغان وأفلام أخرى من الرموز المتشابهة في غاية البساطة. ثم بالإضافة لذلك، تستطيع إيجاد مستخدمين آخرين أحبوا أفلاماً وأغاني متشابهة، ابحث عن الأغاني والأفلام الأخرى التي استمتعوا بها ورشحها لمستخدمك.

لا يحاول سبوتيفاي أو نتفليكس أبداً إيجاد الأغنية أو الفيلم المثاليين لك بالكامل. لا رغبة عندهما في الكمال. خاصية الاستكشاف في سبوتيفاي لا تعِدك باصطياد تلك الفرقة الموسيقية الوحيدة على الكوكب التي تلائم ذائقتك وإحساسك دونما شائبة تعكر مزاجك. خوارزميات الترشيحات تقدم لك أغاني وأفلاماً تضمن لك بالكاد ألا تصاب بخيبة الأمل، تمنحك وسيلة غير مؤذية لتضييع الوقت. من حين لآخر ستفاجئك بشيء ستحبه بجنون، لكن ذلك يشبه إلى حدّ ما القراءة الباردة [قراءة العرافين للطالع]، أنت لا تحتاج إلا لضربة حظ من حين لآخر

لتشعر بمتعة اكتشاف موسيقى الجديدة. لا تحتاج المحركات إلى أن تكون محقة طوال الوقت.

يعمل البحث عن التشابه بكفاءة مع محركات الترشيح. لكن عندما تطلب من الخوارزميات إبداع فن دون مقياس مختص بالجودة، تصبح الأشياء هنا مثيرة للاهتمام. أيستطيع الخوارزم الإبداع إن كان إحساسه الوحيد بالفن هو فقط ما حدث في الماضي؟

**الفنانون الجيدون يقتبسون، والفنانون العظماء يسرقون - بابلو بيكاسو**

في أكتوبر عام 1997، توافد الجمهور على مسرح جامعة أوريجون Oregon للاستمتاع بحفلة غير عادية. على المسرح استقر بيانو وحيد في المقدمة، ثم اتخذت العازفة وينفريد كيرنر Winifred Kerner موقعها خلف المفاتيح، واستعدت لعزف ثلاث مقطوعات قصيرة منفصلة.

إحدى المقطوعات كانت لحناً غير مشهور كتبه العبقري الباروكي يوهان سباستيان باخ Johann Sebastian Bach. والثانية ألفها ستيف لارسون Steve Larson، بروفيسور موسيقى في الجامعة، بأسلوب باخ. والثالثة ألفها خوارزم صُمم خصيصاً لمحاكاة أسلوب باخ.

بعد سماع المقطوعات الثلاث، طُلب من الحضور تخمين أيها لباخ وأيها للارسون وأيها للكمبيوتر. أثار الجمهور استياء ستيف لارسون عندما قال تصويتهم إن مقطوعته من تأليف الكمبيوتر.

وأثار إعلان النتائج شهقات الرعب الممتزج بالانبهار من الجمهور، عندما عرفوا أن ما صوتوا له كعمل أصلي لباخ، لم يكن إلا من تأليف الآلة.

لم يكن لارسون سعيداً. قال في مقابلة مع جريدة نيويورك تايمز بعد التجربة بقليل: «عشقي لموسيقى باخ عميق ولا حدود له. فكرة أن ينخدع الناس ببرنامج كمبيوتر كانت مثيرة لقلق شديد».

لم يكن الوحيد الذي شعر بعدم ارتياح. ديفيد كوب David Cope، الرجل الذي صنع الخوارزم المذهل الذي لحن المقطوعة، كان قد رأى رد الفعل ذاته من قبل. قال لي: «عندما جربت لعب ما أسميها بال«لعبة» مع بعض الأفراد، كانوا يغضبون مني عندما يُخطئون. كانوا ساخطين مني بما فيه الكفاية لمجرد طرحي للفكرة. لأن الإبداع يفترض به أن يكون مغامرة بشرية» [369].

كان ذلك بلا شك رأي دوغلاس هوفشتادتر David Hofstad-ter، العالم المعرفي والمؤلف الذي نظم الحفلة في المقام الأول. قبل عدة سنوات، بالتحديد في كتابه الفائز بجائزة بوليتزر عام 1979: غودل، إيشر، باخ Gödel, Escher, Bach، موقف هوفشتادتر في ذلك الخصوص كان واضحاً بلا لبس:

الموسيقى هي لغة المشاعر. إلى أن تستطيع البرامج أن تشعر بأحاسيس معقدة مثلنا، لا يمكن أن يكتب برنامج شيئاً جميلاً... تفكير أننا قد نستطيع أن نأمر «صندوقَ موسيقى» مُبرمجاً مُسبقاً بأن يأتي بمقطوعات ربما كان باخ ليكتبها، هي فكرة قبيحة ومخزية، وتسيء تقدير عمق الروح البشرية [370].

لكن بعدما سمع موسيقى خوارزم كوب -ما يعرف بـ «تجارب في الذكاء الموسيقي Experiments in Musical Intelligence (EMI)»- اعترف هوفشتادتر أن لعل الأشياء ليست مباشرة لهذه الدرجة، وقال في الأيام التي تلت تجربة جامعة أوريجون: «أجد نفسي مرتبكاً مضطرباً من EMI. الراحة الوحيدة التي أستطيع الوصول إليها عند هذه النقطة تأتي من إدراك أن EMI لا تنتج أسلوباً خاصاً بها، وإنما تعتمد على محاكاة مؤلفين سابقين. لكن تبقى تلك الراحة محدودة. ربما الموسيقى أقل بكثير مما حسبتها عليه، وهو ما يكسرني بالكامل»[371].

إذن هل أن ساحة الإبداع الجمالي محمية حصرية للمساعي البشرية؟ أم أن بوسع الخوارزم إبداع الفنون؟ ومادام الجمهور لم يقدر على التفريق بين موسيقى EMI وموسيقى الفنان الباروكي العظيم، فهل استطاعت الآلة اثبات قدرتها على الإبداع؟

دعنا نحاول مجابهة هذه الأسئلة بالدور، بداية من السؤال الأخير. لتكوين رأي حصيف، نحتاج إلى التمهل لنفهم كيف يعمل هذا الخوارزم[*]، وهو شيء كان ديفيد كوب كريماً كفاية ليشرحه لي.

الخطوة الأولى في بناء الخوارزم كانت ترجمة موسيقى باخ إلى شيء تستطيع الآلة فهمه: «عليك أن تجعل في قاعدة البيانات خمسة مواضع مختلفة لكل نوتة: لحظة التشغيل، ومدة التشغيل،

---

*- وأقترح أيضاً بشدة البحث عن بعض من موسيقى كوب على الإنترنت. أظن مقطوعة الأوركسترا بأسلوب فيفالدي Vivaldi هي المفضلة بالنسبة لي:
https://www.youtube.com/watch?v=2kuY3BrmTfQ

وحِدّة الصوت، وارتفاع الصوت، والآلة الموسيقية». تكبّد كوب عناء إدخال الأرقام الخمسة لكل نوتة في مجمل أعمال باخ إلى الكمبيوتر، يدوياً. كان لباخ 371 كورالاً، والعديد من الإيقاعات، وعشرات آلاف النوتات، لكل نوتة خمسة أرقام. تطلب الأمر جهداً خارقاً من كوب: «لشهور، كل ما كنت أفعله يومياً كان كتابة الأرقام. لكني شخص شديد الهوس بما يفعل».

من هنا، بدأت تحليلات كوب تمسك كل إيقاع في موسيقى باخ، وتفحص ما الذي سيحدث بعده. مقابل كل نوتة لُعبت في أي من كورالات باخ، سجل كوب النوتة التالية. وخزن كل شيء معاً في قاموس من نوع ما، أو بنك يستطيع الخوارزم البحث فيه عن كل نغمة، وإيجاد قائمة شاملة بكل الأماكن المختلفة التي دونت فيها ريشة باخ ما يليها من الموسيقى.

من هنا نجد أن الـ EMI تشبه بعض الشيء خوارزميات التوقع النصي الموجودة في هاتفك الذكي. فهاتفك يحتفظ بقاموس من الكلمات التي من المرجح أنك قد ترغب في كتابتها تالياً، بناءً على الجمل التي كتبتها سابقاً، ويقدمها لك كاقتراحات بينما تكتب(*).

---

*- تستطيع أنت أيضاً استخدام التوقع النصي لـ«تلحين» بعض النصوص بأسلوبك في الكتابة. عليك فقط أن تفتح مفكرة جديدة، وتحفيز الخوارزم بكلمات قليلة ليبدأ، بكتابة شيء مثل «ولدت... I was born». ثم اضغط باستمرار على الكلمات التي تظهر على الشاشة. تلك تجربتي (بصدق)، بدأت بشكل جيد، ثم أخذ منطقها يتداعى قرب النهاية:

«(I was born) to be a good person and I would be happy to be with you a lot of people I know that you are not getting my emails and I don't have any time for that».

الخطوة الأخيرة كانت إطلاق عنان الآلة. فقط يحفز كوب النظام بنغمة ابتدائية، ثم يأمر الخوارزم بالبحث في القاموس ليقرر ما الذي عليه عزفه بعدها، باختيار نغمة جديدة عشوائية من القائمة. ثم يعيد الخوارزم العملية، بالبحث عن كل نغمة لاحقة في القاموس ليختار منها ما يعزفه بعد ذلك. النتيجة كانت لحناً جديداً أصلياً تماماً يبدو وكأن باخ نفسه من كتبه(*).

أو ربما أنّ باخ فعلاً هو من كتبه. فهذه وجهة نظر كوب على أي حال. «باخ هو من وضع كل النغمات. الأمر يشبه أن تبشّر جبن بارميزان بالمبشرة، ثم تحاول تجميعه في قالب من جديد. سيبقى في النهاية جبن بارميزان أيضاً».

بغض النظر عن مسألة من الذي يجب أن يُنسب إليه العمل في النهاية، فهناك شيء واحد لا شك فيه؛ مهما كانت موسيقى الـ EMI تبدو جميلة، تظل مبنية فقط على إعادة تجميع أعمال موجودة بالفعل. فهي تحاكي أنماطاً موجودة في موسيقى باخ، بدلاً من تلحين موسيقى جديدة بنفسها.

بُنيت مؤخراً خوارزميات أخرى قادرة على صنع موسيقى ممتعة جمالياً، كخطوة متقدمة عن مجرد إعادة تجميع الألحان. وتُعد الخوارزميات الوراثية Genetic Algorithms بالتحديد من المحاولات الناجحة في هذا الصدد، وهي نوع آخر من خوارزميات تعلم الآلة، يحاول استغلال مفهوم الانتخاب الطبيعي. في النهاية،

---

*- وجد كوب أيضاً أن من الضروري متابعة عدد من المعايير الأخرى خلال عمل الخوارزم. مثلاً طول العبارة الموسيقية وطول المعزوفة، اللذان اتضحت أهميتهما المحورية ليبدو الناتج شبيهاً بباخ.

لـو كان هنـاك شـيء نتعلمـه مـن الطواويس، فهـو أن الطبيعـة تعـرف شـيئاً أو اثنيـن عـن الإبـداع الجمالـي.

الفكـرة بسـيطة: يعامـل الخـوارزم النوتـات كمـا لـو أنهـا الشـفرة الجينيـة للموسـيقى. يبـدأ كل شـيء مـن «أغـانٍ» ابتدائيـة، ليسـت أكثـر مـن مزيـج عشـوائي مـن النوتـات المتراصـة. وعلـى مـدى أجيـال عدة، يُربـي الخـوارزم أجيـال الأغانـي ويُكاثرهـا، ويبحـث عـن سـماتها «الجميلـة» ويكافئهـا، لتخـرج منهـا ذريـة مـن ألحـان «أفضـل» بمـرور الوقـت. أقـول «جميلـة» و«أفضـل»، لكـن بالطبـع مثلمـا تعـرف، لا توجـد طريقـة لقـول مـا الـذي تعنيـه أي مـن تلـك الكلمتيـن فـي المطلـق. بوسـع الخـوارزم كتابـة القصائـد ورسـم اللوحـات وتأليـف الموسـيقى، لكـن يظـل كل مـا يسـعه فعلـه هـو قيـاس التشـابه مـع مـا سـبقه.

وأحيانـاً ذلـك كل مـا تحتـاج. إن كنـت تبحـث عـن تسـجيل يلعـب فـي خلفيـة موقعـك أو مقطـع الفيديـو الـذي ستنشـره علـى يوتيـوب، يبـدو كالموسـيقى الشـعبية بشـكل عـام، أنـت لا تأبـه إن كان سيشـبه كل الأغانـي الشـعبية العظيمـة السـابقة. فـي الواقـع أنـت فقـط تحتـاج إلـى شـيء لا يخـرق حقـوق الملكيـة، دون أن تتكلـف عنـاء تلحينـه بنفسـك. إن كان ذلـك مـا تريـد، فهنـاك عـدد مـن الشـركات التـي بوسـعها مسـاعدتك. جوكبوكـس Jukebox وإيـه. آي. ميوزيـك AI Music همـا شـركتان بريطانيتـان ناشـئتان تقدمـان بالفعل ذاك النـوع مـن الخدمـات، باسـتخدام خوارزميـات قـادرة علـى صنـع الموسـيقى. بعـض هـذه الموسـيقى سـتكون مفيـدة، وبعضهـا سـتكون أصليـة (نوعـاً مـا)، وبعضهـا سـتكون حتـى جميلـة. الخوارزميـات بـلا شـك أدوات محـاكاة رائعـة، لكنهـا ليسـت مبتكـرة بمـا يكفـي.

لا يعني ذلك أية إهانة للخوارزميات، فأغلب موسيقى البشر لا تتميز بالابتكار الموسيقي على وجه الخصوص أيضاً. إن سألت أرماند ليروي، عالم الأحياء التطوري الذي درس تطور موسيقى البوب، فنظرتنا إلى القدرات الإبداعية البشرية تشوبها شوائب. يقول إن حتى الأغاني ساحقة النجاح المتربعة على القوائم، كان يمكن أن تخترعها آلات. إليك على سبيل المثال رأيه في أغنية فاريل ويليامز Pharrell Williams، سعيد Happy (ثمة ما يخبرني أنه لا يهيم بها حباً):

«سعيد، سعيد، سعيد، أنا سعيد جداً». فعلاً؟ إن كلماتها تحتوي على خمس مفردات بالكاد. هذه أغنية شديدة الروبوتية، تهدف إلى تلبية أكثر الرغبات الإنسانية بساطة في موسيقى صيفية سعيدة. إنها أكثر الأغاني حماقة واقتضاباً يمكن قبولها. إن كان ذلك هو المستوى المطلوب، لا يبدو أنه شديد الصعوبة.

لا يجد ليروي أيضاً كثيراً من الشجاعة في كلمات أغاني أديل Adele أيضاً: «إن حلّلتِ أياً من أغانيها، لن تجدي فيها أية عاطفة لا يستطيع مولد أغاني حزينة تقديمها».

قد لا توافقه (لست متأكدة أني أفعل)، لكن ثمة حجة بلا شك في أن كثيراً من الإبداع البشري –مثل منتجات الخوارزميات الملحنة– ليست إلا تجميعات جديدة لأفكار موجودة بالفعل. مثلما يقول مارك توين Mark Twain:

لا يوجد شيء اسمه أفكار جديدة. ذلك مستحيل. نحن ببساطة نأخذ كثيراً من الأفكار القديمة ونضعها في مشكال(*) عقلي من نوع ما، نديرها ونقلبها فتتشكل منها تكوينات جديدة مثيرة للفضول. ونستمر في التدوير وإعادة التكوين إلى الأبد، لكنها في النهاية ليست إلا نفس القطع القديمة من الزجاج الملون الذي نستخدمه منذ قديم الأزل [372].

في نفس الوقت، لدى كوب تعريف للإبداع في غاية البساطة، يغطي بسهولة ما تستطيع الخوارزميات فعله: «الإبداع هو فقط إيجاد رابط بين شيئين لا تبدو في العادة أن بينهما ثمة علاقة».

ربما، لكني لا يسعني إلا الشعور أن لو كانت الـ EMI والخوارزميات المشابهة لها تقدم إبداعاً، فهو بالأحرى شكل هشّ منه. ربما تكون موسيقاها جميلة، لكنها ليست عميقة. وبقدر ما أحاول، لا أستطيع أن أنفض عني الشعور أن النظر لمخرجات هذه الآلات على أنها فن، يتركنا بمنظور فقير ثقافياً للعالم. قد يكون طعاماً ثقافياً مريحاً، لكنه ليس فناً حقيقياً.

خلال البحث لكتابة ذلك الفصل، أدركت أن مصدر عدم ارتياحي للفن الذي تصنعه الخوارزميات يكمن في سؤال آخر. المسألة الحقيقية ليست إن كان بوسع الآلات أن تكون مبدعة.

بوسعها ذلك. إنما المسألة عمّا يمكن اعتباره فناً في المقام الأول.

---

*- مشكال - Kaleidoscope: أداة بصرية تحتوي على قطع متحركة من الزجاج الملون ضمن حاوية صغيرة، إن تحركت انعكست عنها ضمن ثلاث مرايا متواجهة، تشكيلة واسعة من الصور السداسية الزخرفية لمصدر الشكل أو الضوء المسلط عليها. [المترجم]

أنا عالمة رياضيات. بوسعي أن أخوض في الإيجابيات الخاطئة والحقائق المطلقة والدقة والإحصائيات بثقة كاملة. لكن في عالم الفن، أفضّل أن أحيل الأمر إلى ليو تولستوي Leo Tolstoy. أعتقد مثله أن الفن الحقيقي هو عن التواصل البشري، عن نقل المشاعر. مثلما يقول: «الفن ليس حرفة يدوية، إنه وسيلة لنقل الشعور الذي مرّ به الفنان»[373]. إن كنت توافق رأي تولستوي، فهناك إذن سبب لعدم قدرة الآلة على تقديم فن حقيقي. سبب عبّر عنه دوغلاس هوفشتادتر ببلاغة قبل مقابلته لـ EMI بأعوام:

إن «برنامجاً» قادراً على إنتاج موسيقى... سيتوجّب عليه أن يهيم في العالم وحده، أن يخوّض في مجاهل الحياة والأحاسيس في كل لحظة. سيتوجّب عليه أن يفهم بهجة وعزلة ريح الليل الباردة، والشوق لملمس يد الحبيب، وتعذر الوصول لبلد بعيد، وانكسار القلب وتجدّده بعد موت عزيز. يتوجّب عليه أن يعرف عن التخلي وشقاء العالم، وعن الحزن واليأس، وعن العزيمة والنصر، وعن الشفقة والهلع. وعليه أن يكون قد مزج بين المتضادات مثل الأمل والخوف، والفرح والترح، السكينة والترقب. سيكون على جوهره أن يتضمن إحساساً بالكياسة والدعابة والشاعرية، إحساساً بما هو غير متوقع، وبالطبع، وعياً فائقاً بسحر الخلق الجديد. هنا، وهنا فقط، يكمن مصدر المعنى الموسيقي[374].

قد أكون على خطأ هنا. ربما لو أخذ الفن الخوارزمي هيئة المنتج البشري الأصلي -مثلما فعلت EMI- سنقدّره نحن برغم ذلك، نحن من نسبغ عليه المعنى. في النهاية، التاريخ الطويل لموسيقى البوب المصنعة يبدو أنه يشير إلى الطريقة التي يتشكل

بها لدى البشر ردٌّ فعلي شعوري، تجاه أشياء لا صلة لها بالتواصل الحقيقي إلا من خلال التشابه الخارجي. وربما، ما أن تصبح أعمال الخوارزميات الفنية أكثر شيوعاً، ونصبح واعين أن ذلك الفن لم ينبع من إنسان، فلن تضايقنا تلك الصلة أحادية الاتجاه. فالبشر في النهاية يقيمون علاقات مع أشياء لا تبادلهم الشعور، مثل دمى الدببة الطفولية، أو من يربّون العناكب كحيوانات أليفة.

لكن بالنسبة لي، فالفن الحقيقي لا يُخلق بالصدفة. ثمة حدود لمتناول الخوارزميات، قيود على ما يمكن عدّه. برغم كم الأشياء المذهل المحير للعقول الذي تستطيع البيانات والإحصائيات أن تقوله لي، ما أشعر به كإنسانة ليس من تلك الأشياء.



# خاتمة

كانت رهينة إبراهيم Rahinah Ibrahim مهندسة معمارية وأماً لأربعة أطفال، زوجها يعيش في بلد بعيد، وتعمل في وظيفة تطوعية بمستشفى محلية، وبين يديها رسالة دكتوراه في جامعة ستانفورد Stanford تنتظر الاكتمال. وكما لو أن حياتها لم تكن معقدة كفاية، كانت قد مرّت أيضاً لتوها بعملية استئصال رحم عاجلة، ولا تزال تعاني -رغم أنها عادت على قدميها الآن- في الوقوف لفترة دون عون العلاج. برغم كل ذلك، عندما اقترب موعد الدورة 38 للمؤتمر الدولي لعلوم النظام International Conference on System Sciences في يناير 2005، حجزت رحلة إلى هاواي وجهزت نفسها لتقديم آخر أوراقها العلمية لأقرانها [375].

عندما وصلت إبراهيم مطار سان فرانسيسكو مع ابنتها في صباح الثاني من يناير 2005 الباكر، اقتربت من مكتب الاستقبال وقدمت أوراقها، وسألت العاملين إن كان بوسعهم مساعدتها بتوفير كرسي متحرك. لم يستجيبوا. إذ التمع على شاشة الكمبيوتر اسمها في إشارة لوجوده ضمن قائمة المنع من السفر الفيدرالية، وهي قاعدة بيانات وُضعت بعد 11 سبتمبر لمنع الإرهابيين المشتبه بهم من السفر.

تُركت ابنة إبراهيم المراهقة وحيدة ذاهلة بجوار مكتب الاستقبال، واتصلت بصديق للأسرة قائلة إنهم أخذوا أمها بعيداً

مكبّلة بالأغلال. في الآن ذاته، وُضعت إبراهيم في مؤخرة سيارة شرطة ونُقلت إلى المركز. فتشوا أسفل حجابها، ورفضوا أن تتناول دواءها، وحبسوها في زنزانة. بعد ساعتين وصل عميل من الأمن الداخلي Homeland Security بأوراق إطلاق سراحها، وأخبرها أن اسمها رُفع من القائمة. استطاعت إبراهيم الوصول إلى المؤتمر في هاواي، ثم سافرت إلى ماليزيا، بلدها الأصلي، لزيارة أسرتها.

وُضعت إبراهيم على قائمة المنع من السفر عندما وضع عميل المباحث الفيدرالية علامة على المربع الخاطئ في استمارة. ربما يعود الخطأ لخلط بين الجماعة الإسلامية [في جنوب شرق آسيا] Jemaah Islamiyah، وهي منظمة إرهابية سيئة السمعة مسؤولة عن تفجيرات بالي Bali في 2002، وجماعة الإسلام Jemaah Islam، وهي منظمة ماليزية محترفة لمن يدرسون بالخارج. إبراهيم كانت عضوة في الثانية، لكن ليست لها أية علاقة بالأولى. كان خطأً بسيطاً، لكن ذو عواقب وخيمة. ما أن دخل الخطأ في النظام المؤتمت، حتى أحاطت به هالة السلطة وجعلته معصوماً من الاستئناف. لم يكن ما حدث في سان فرانسيسكو نهاية القصة.

في رحلة عودتها بعد شهرين، بينما كانت تسافر إلى الولايات المتحدة من ماليزيا، أوقفوها مرة أخرى في المطار. ولم يأتِ الحل هذه المرة بسرعة. فقد رُفضت تأشيرتها للاشتباه بعلاقتها بالإرهاب. برغم أنها أم لمواطن أمريكي، وتملك بيتاً في سان فرانسيسكو، وتقوم بدور في واحدة من أعرق الجامعات الأمريكية،

لم يُسمح لإبراهيم بالعودة إلى الولايات المتحدة الأمريكية. في النهاية، سيستغرق منها تبرئة اسمها قرابة العقد من الصراعات، وظلت طوال تلك المدة ممنوعة من وطء الأرض الأمريكية. وكل ذلك بسبب خطأ بشري، وآلة ذات كلية السلطة.

### إنسان + آلة

لا يوجد شك في عمق التأثير الإيجابي الذي جلبته الأتمتة لحياتنا. تستطيع الخوارزميات التي بنيناها حتى الآن التباهي بقائمة مذهلة من الإنجازات. فهي بوسعها مساعدتنا في تشخيص سرطان الثدي والقبض على السفّاحين وتجنّب حوادث الطائرات، وتقدم لنا إمكانية وصول سهل ومجاني لثروة من المعرفة الإنسانية بلمسة إصبع، وتواصل البشر من جميع أنحاء الكوكب ببعضهم البعض بشكل لم يكن أسلافنا ليحلموا به. غير أن في خضم رغبتنا في الأتمتة، في خضم سعينا المحموم لحلّ الكثير من مشاكل العالم، يبدو أننا استبدلنا مشكلة بأخرى. بقدر ما هي مفيدة ومذهلة، فقد تركتنا الخوارزميات مع كومة من العقد تحتاج لمن يفكها.

حيثما ولينا وجوهنا، إلى النظام القضائي أو إلى الرعاية الصحية أو إلى الشرطة أو حتى إلى التسوق على الإنترنت، ثمة مشاكل في الخصوصية والانحياز والأخطاء والمسؤولية والشفافية لن تذهب بسهولة. نتيجة لوجود بعض الخوارزميات، نواجه مشاكل في العدالة يصل صداها إلى جوهر وجودنا البشري، إلى الشكل الذي نريد أن يكون مجتمعنا عليه، وإلى الحد الذي بوسعنا معه

التكيف مع السلطة الوشيكة للتكنولوجيا المجردة من الشعور.

لكن لعل تلك هي المشكلة بعينها. ربما أن اعتبار الخوارزميات نوعاً من السلطة، هو بالضبط ما نرتكبه من خطأ.

فمثلاً تردّدنا في مساءلة سلطة الخوارزم فتحت الأبواب لأناس مستعدين لاستغلالنا. صادفت خلال بحثي من أجل هذا الكتاب، كل أنواع موظفي المبيعات المحتالين المستعدين للمتاجرة في الخرافات والتربّح من وراء سذاجتنا. برغم ثقل الأدلة العلمية التي تشير إلى العكس، هناك أشخاص يبيعون لقوات الشرطة والحكومات خوارزميات تدعي القدرة على «توقع» إن كان شخص ما إرهابياً أو متحرشاً بالأطفال، بناءً على ملامح وجهه فقط. ويصرّ آخرون على أن خوارزمهم قادر على اقتراح تعديل سطر واحد في السيناريو، سيؤدي إلى تحقيق الفيلم لأرباح أكثر في شباك التذاكر[*]. وآخرون يعلنون بجرأة –دون أدنى قدر من السخرية– أن خوارزمهم يستطيع أن يجد لك حبك الحقيقي[**].

---

*–قابلت بالفعل المدير التنفيذي لهذه الشركة. سألته إن كان قد تحقق من قدرة خوارزمياته على تحقيق ادعاءاتها، فانخرط في حكاية طويلة عن كيف أدت تحليلات الشبكة العصبية إلى خروج نجم هوليوودي كبير من سلسلة أفلام. وعندما أشرت إلى أن ذلك دليل على أن ثمة من اقتنع بخوارزمه، وليس إن كان الخوارزم يعمل فعلاً، فأجاب: «حسناً، نحن لا ندير مختبراً جامعياً».

**– هناك خدعة يمكنك استخدامها لكشف الخوارزميات الرديئة. أحب أن أطلق عليها (اختبار السحر). كلما رأيت قصة عن خوارزم، جرب إن كنت تستطيع إزالة الكلمات الرنانة مثل «تعلم الآلة» و«الذكاء الاصطناعي» و«الشبكات العصبية» ووضع مكانها كلمة «سحر». هل لا يزال الكلام صحيحاً لغوياً؟ هل ضاع أي معنى؟ لو كانت الإجابة هي (لا)، فهناك رائحة هراء مقرفة في مكان ما. لأني أخشى أننا لن «نحل مشكلة الجوع في العالم بالسحر» ولا سنستخدم السحر لكتابة أفضل سيناريو على الإطلاق أكثر مما سنفعل بالذكاء الاصطناعي. ليس في المستقبل القريب على أية حال.

لكن حتى الخوارزميات التي تحقق ما تدعيه تسيء استخدام سلطتها. هذا الكتاب مفعم بحكايات الأذى الذي قد تسببه الخوارزميات. «أداة الميزانية» التي استُخدمت في التقليل الاعتباطي من المعونة المادية التي يتلقاها سكان إيداهو ذوي الهمة. خوارزميات النكوص التي، بفضل البيانات التاريخية، يرتفع احتمال تقييمها السلبي للمتّهمين سود البشرة. نظام الكشف عن إصابات الكلى الذي أرغم ملايين الناس على التخلي عن أكثر بياناتهم خصوصية وشخصية دون موافقتهم أو معرفتهم. خوارزميات السوبر ماركت التي سرقت من فتاة مراهقة فرصتها في إخبار والدها أنها حامل. قائمة الموضوعات الاستراتيجية التي كان يفترض بها أن تساعد ضحايا جرائم الأسلحة النارية، لكن تستخدمها الشرطة كقائمة أهداف. أمثلة الإجحاف في كل مكان.

غير أن الإشارة إلى عيوب الخوارزميات يخاطر بالتلميح إلى وجود بديل كامل نسعى إليه. فكّرت طويلاً ومليّاً، وعانيت في إيجاد مثالٍ لخوارزم كامل عادل. حتى تلك التي تبدو جيدة من الخارج -مثل الطيار الآلي في الطائرات والشبكات العصبية التي تشخص السرطان- تكمن في أعماقها مشاكل. مثلما قرأتَ في فصل «في السيارات»، بوسع نظام الطيار الآلي جعل من تدربوا تحت الأتمتة في وضع خطير وراء عجلة القيادة أو عصا التحكم. بل حتى ثمة مخاوف من أن خوارزميات إيجاد الأورام الإعجازية التي رأيناها في فصل «في الطب» لا تعمل بنفس الكفاءة مع كل المجموعات العرقية. لكن أمثلة النظام الكامل العادل لا تتّسم

بالغزارة أيضاً عندما **لا تكون الخوارزميات موجودة**. أينما بحثت، وأينما كان المجال الذي تفحصه، إن نقّبت عميقاً بما يكفي في أي نظام على الإطلاق، ستجد أحد أنواع الانحياز.

إذن تخيّل معي: ماذا لو تقبلنا أن الكمال غير موجود؟ **ستظل** الخوارزميات ترتكب الأخطاء، ستبقى الخوارزميات غير عادلة. لا يجب أن يشتتنا ذلك عن صراعنا لجعلها أكثر دقة وأقل انحيازاً حيثما استطعنا. لكن لعل اعترافنا بأن الخوارزميات ليست كاملة، مثلما البشر ليسوا كذلك، قد يكون له التأثير الطارد لأي افتراضات بسلطتها.

تخيل أن: بدلاً من تركيز انتباهنا حصرياً على تصميم خوارزميات تلتزم بنوع من المقاييس المستحيلة أو العدالة الكاملة، نصممها لتيسير تدارك الخطأ الواقع حتماً. أن نضع نفس القدر من الوقت والمجهود في التأكد من أن الأنظمة الأوتوماتيكية يسهل تحدّيها مثلما يسهل تطبيقها. ربما تكمن الإجابة في بناء الخوارزميات لتكون قابلة للنقض من الأساس. تخيل لو صممناها لمساعدة البشر في اتخاذ قراراتهم لا لتأمرهم. لتتسم بالشفافية فيما يتعلق باتخاذ قرار عوضاً عن الاكتفاء بإبلاغنا النتيجة.

أفضل الخوارزميات، في رأيي، هي تلك التي تأخذ في اعتبارها البشر في كل مرحلة. هي التي تدرك عادتنا في الثقة الزائدة عن الحدّ بمخرجات الآلة، بينما تتفهم عيوبها الخاصة، وتضع لايقينها في المركز والمقدمة.

تلك كانت من أفضل سمات آلة واطسون من IBM التي فازت بلعبة الجيوباردي. رغم أن نظام برنامج المسابقات كان يحتّم

الالتزام بإجابة واحدة، إلا أن الخوارزم كان يقدم أيضاً سلسلة من البدائل التي أخذها في الاعتبار خلال البحث عن إجابة، ومعها درجة توضح إلى أي مدى كان يثق في صحة كل واحدة. ربما لو صاحَب احتمال النكوص إلى جريمة شيء مشابه، كان القضاة سيجدون في مُساءلة المعلومات التي يقدمها الخوارزم أمراً أيسر. وربما لو وفرَت خوارزميات التعرف على الوجوه عدداً من النظراء المُحتملين بدلاً من الانقضاض على وجه وحيد، لكانت مشكلة إساءة التعرف ستصبح أقل وطأة.

تلك السمة نفسها هي ما تجعل الشبكات العصبية التي تفحص شرائح سرطان الثدي مفيدة جداً. لا يحدّد الخوارزم أي مريض مصاب بالأورام. بل هو يضيق النطاق الشاسع من الخلايا إلى حفنة من المناطق المريبة ليستطيع علماء الأمراض تفحصها. لا يتعب الخوارزم أبداً ونادراً ما يخطئ الطبيب. يعمل الخوارزم والإنسان معاً في شراكة، يدعمان نقاط قوة بعضهما بعضاً ويعوضان نقاط ضعفهما.

هناك أمثلة أخرى أيضاً، تتضمن عالم الشطرنج، حيث بدأ ذلك الكتاب. بعدما خسر جاري كاسباروف أمام ديب بلو، لم يولِّ ظهره للكمبيوتر، بالعكس، صار بدلاً من ذلك مؤيداً لفكرة «الشطرنج القنطور Centaur Chess» [يعرف أيضاً بالشطرنج المتقدم Advanced Chess]، حيث يتعاون اللاعب البشري مع خوارزم في مواجهة فريق هجين آخر. يقوم الخوارزم بتقييم عواقب كل حركة، مقللاً من احتمالات الخطأ، بينما يظل اللاعب البشري مسؤولاً عن اللعبة.

هكذا يصفها كاسباروف: «عندما نلعب بمساعدة الكمبيوتر، نستطيع التركيز على التخطيط الاستراتيجي بدلاً من تضييع وقت طويل في الحسابات. تعطي هذه الظروف للإبداع البشري الأهمية القصوى»[376]. النتيجة كانت لعب شطرنج في مستويات متقدمة لم تُعرف من قبل. لعب تكتيكي جميل واستراتيجيات ذات معنى، أفضل ما في كلا العالمين.

هذا هو المستقبل الذي آمل فيه. مستقبل تصبح فيه الخوارزميات المتعجرفة الديكتاتورية التي تملأ هذه الصفحات شيئاً من الماضي. مستقبل نتوقف فيه عن النظر إلى الآلات كأسياد موضوعية ونبدأ في معاملتها مثلما نفعل مع أي مصدر سلطة آخر؛ نُسائل قراراتها وننتقد دوافعها، ونعترف بمشاعرنا، ونطلب معرفة من هم المنتفعون الحقيقيون، ونحاسبهم على أخطائهم، ونرفض التواطؤ. أظن أن ذلك هو المفتاح إلى مستقبل يصير فيه التأثير الإجمالي للخوارزميات قوة إيجابية في صالح المجتمع. ولا شك أن تلك مسؤولية تقع على عواتقنا جميعًا، لأن ثمة شيئاً واحداً أكيداً: لم يأتِ على الإنسان زمن كان فيه أكثر أهمية مما هو عليه في عصر الخوارزميات.

# شكر وعرفان

أعتقد أن هناك بعض الناس الذين يعتبرون الكتابة شيئاً سهلاً. أنت تعرف هذا النوع، الذين يقفزون من السرير قبل شروق الشمس، وينتهون من كتابة فصل قبل موعد الغداء، وينسون النزول لتناول العشاء لأنهم في حالة توحد مع التدفق الإبداعي لدرجة أنهم لم يلاحظوا مرور الوقت.

أنا بالتأكيد لست من هؤلاء.

المرور بهذه التجربة تطلّب معركة يومية مع ذلك الجزء مني الذي يرغب فقط في الجلوس على الأريكة وأكل شرائح البطاطا ومشاهدة نتفليكس، وحرباً شعواء مع فيضانات القلق والهلع التي حسبت أني تجاوزتها بعدما انتهيت من رسالتي للدكتوراه. أنا لم أكتب ذلك الكتاب، بل بشكل ما انتزعته من داخلي انتزاعاً وأنا أركل وأصرخ، أحياناً حرفياً.

لذا أنا شديدة الامتنان لمجموعة الأشخاص الرائعين الذين كانوا مستعدين لمساعدتي على طول الطريق. فريق النشر المذهل، الذين كانوا كرماء كفاية معي بوقتهم وأفكارهم على مدار العام السابق: سوزانا وادسون، كوينه دو، كلير كونراد، إيما باري، جيليان سومرسكاليس، إيما بيرتون، صوفي كريستوفر، هانا برايت وكارولين ساين وكل من في جانكلو ونيسبيت، ترانسورلد ونورتون، الذين كانوا يساعدون خلف الكواليس. وبالمثل: سو رايدر وكات بي وتوم كوبسون، كنت سأضيع بدونكم.

شكر هائل أيضاً لمن استضفتهم، بعضهم اقتبست منه خلال النص، لكنهم جميعاً ساهموا في تشكيل أفكار هذا الكتاب: جوناثان روسون، نايجل هارفي، آدم بنفورادو، جيلز نيويل، ريتشارد بيرك، شينا أوروين، ستيف كولجان، مانديب دامي، أدريان ويلر، توبي ديفيز، روب جينكينز، جون كانفسكي، تيماندرا هاركنيس، دان بوبل وفريق شرطة ويست ميدلاندز، آندي بيك، جاك ستيلجو، كارولين رانس، بول نيومان، فيليس إيلارمي، أرماند ليوني، ديفيد كوب، إد فين، كيت ديفلين، شيليا هايمان، توم شاتوين، كارل جومبريتش، جوني رايان، جون كروكروفت، وفرانك كيلي.

هناك أيضاً سو ويب وديبي إنرايت من نيتورك تايبنج، وشارون ريتشاردسون وشروثي راو وويل ستور، الذين كانت مساعدتهم في مصارعة هذا الكتاب لتصبح له هيئة، لا تقدر بثمن. وما أن كتبت أخيراً ما يشبه الجُمل، قام جيمس فولكر وإليزابيث أدلينجتون وبريندان ماجينيس وإيان هانتر وعمر ميراندا وآدم دينيت ومايكل فيل وجوسلين بيلي وكات بلاك وتريسي فراي وآدم روثرفورد وتوماس أوليرون إيفانز، بمساعدتي في إيجاد أكبر العيوب وإخضاعها. وجيف دال الذي وفّر الدعم المعنوي خلال العملية كلها، وقدم فكرة ذكية جداً لتصميم الغلاف.

وجزيل الشكر لأقراني المراجعين: إليزابيث كليفردون، بيثاني ديفيز، بن ديكسون، مايك داونز، تشارلي ولورا جالان، كاتي هيث، ميا كازي فورناري، فتح إيواليتين، سيوبان ماذرز، مابل سمولر، علي سيهون سارال، جينيفر شيلي، إدوارد ستيل، دانيال فيسما، وجاس أوبي.

أنـا أيضـاً ممتنـة إلـى حـدّ لا يمكـن وصفـه لأسـرتي، لولائِهـم الدائـم اللامتناهـي. فيـل وترايسـي وناتالـي ومـارج وبـارج وعمـر ومايك وتانيا. كنتم أكثر صبـراً معـي ممـا أستحق فـي الغالـب. (وإن كنـت أرجـو ألّا تأخـذوا ذلـك بالمعنـى الحرفـي، لأنـي علـى الأرجـح سـأكتب كتابـاً آخـر، وسـأحتاج مسـاعدتكم مـرة أخـرى، حسـناً؟).

وأخيـراً لكـن ليـس آخـراً علـى الإطـلاق: إديـث. بصراحـة، لـم تسـاعديني بـأي شـكل، لكنـي لـم أكـن لأسـتبدل ذلـك بـأي شـيء آخـر.

## هانا فراي HANNAH FRY

أستاذة مساعدة في رياضيات المدن mathematics of cities في كلية لندن الجامعية.

تستخدم النماذج الرياضية في وظيفتها الصباحية لدراسة أنماط السلوك البشري.

عملت مع حكومات وقوات شرطة وخبراء صحيين ومتاجر سوبر ماركت.

أحرزت أحاديثها في TED ملايين المشاهدات، وظهرت في وثائقيات تليفزيونية على BBC وPBS.

تُقدم أيضاً بودكاستاً علمياً طويلاً مستمراً باسم:

The Curious Cases of Rutherford & Fry

بالاشتراك مع BBC

## هوامش وملاحظات

(1) Brian W. Kernighan and Dennis M. Ritchie. The C Programming Language (Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1978).

(2) Robert A. Caro, The Power Broker: Robert Moses and the Fall of New York (London: Bodley Head, 2015), p. 318.

(3) هناك مقالتان رائعتان بخصوص هذه الفكرة تستحقان القراءة. أولهما Langdon Winner, 'Do artifacts have politics?', Daedalus, vol. 109, no. 1, 1980, pp. 121–36, https://www.jstor.org/stable/20024652، الذي يتضمن المثال عن جسر موزس. ونسخة معاصرة أكثر: Kate Crawford, 'Can an algorithm be agonistic? Ten scenes from life in calculated publics', Science, Technology and Human Values, vol. 41, no. 1, 2016, pp. 77–92

(4) Scunthorpe Evening Telegraph, 9 April 1996.

(5) نشر تشوكويميكا أفيجبو (@nke_ise) فيديو قصيراً عن هذا الموضوع على تويتر يستحق أن تشاهده إن لم تفعل بعد. وموجود أيضاً على يوتيوب في https://youtu.be/87QwWpzVy7I.

(6) CNN interview, Mark Zuckerberg: 'I'm really sorry that this happened', YouTube, 21 March2018,https://www.youtube.com/watch?v=G6DOhioBfyY

(7) من محادثة خاصة مع أستاذ الشطرنج الكبير جوناثان روسون Jonathan Rowson.

(8) Feng-Hsiung Hsu, 'IBM's Deep Blue Chess grandmaster chips', IEEE Micro, vol. 19, no. 2, 1999, pp. 70–81, http://ieeexplore.ieee.org/document/755469/

(9) Garry Kasparov, Deep Thinking: Where Machine Intelligence Ends and Human Creativity Begins (London: Hodder & Stoughton, 2017).

(10) TheGoodKnight, 'Deep Blue vs Garry Kasparov Game 2 (1997 Match)', YouTube, 18 Oct. 2012, https://www.youtube.com/watch?v=3Bd1Q2rOmok&t=2290s.

(11) نفس المصدر السابق.

(12) Steven Levy, 'Big Blue's Hand of God', Newsweek, 18 May 1997, http://www.newsweek.com/big-blues-hand-god-173076.

(13) Kasparov, Deep Thinking, p. 187.

(14) نفس المصدر السابق.

(15) طبقاً لقاموس Merriam-Webster. أما تعريف قاموس Oxford فيعني أكثر بالطبيعة الحسابية للخوارزم: «عملية أو عدد من القواعد تُتبع حسابياً أو من خلال أية طريقة حلّ مشكلات، خاصة بواسطة كمبيوتر» [ويجدر ذكر أن أصل كلمة algorithm يعود للترجمة اللاتينية لاسم العالم العربي محمد بن موسى الخوارزمي (781 م - 850 م)، الذي كان من تخصصاته الرياضيات، وهو أول من قدم علم الجبر. لذا تتُرجم الكلمة إلى العربية بخوارزم عوضاً عن ألجوريثم - المترجم].

(16) توجد طرق عديدة مختلفة يمكنك من خلالها تصنيف الخوارزميات، ولا يوجد لدي شك أن بعض علماء الكمبيوتر سيحتجون على أن هذه القائمة الأبسط من اللازم. ربما توجد في بعض القوائم الأشمل عدة عناوين تصنيفية أخرى، مثل: التخطيط mapping والاختزال reduction والانحدار regression والعنقودية clustering. لكن في النهاية، اخترت قائمة التصنيفات هذه بعينها من Nicholas Diakopoulos, Algorithmic Accountability Reporting: On the Investigation of Black Boxes (New York: Tow Center for Digital Journalism, Columbia University, 2014) - لأنها تفي بالغرض في تغطية الأساسيات وتوفر وسيلة مناسبة لإزالة الغموض عن مساحة واسعة من المجال وتكثيفه.

(17) Kerbobotat, 'Went to buy a baseball bat on Amazon, they have some interestingsuggestions for accessories', Reddit, 28 Sept. 2013, https://www.reddit.com/r/funny/comments/1nb16l/went_to_buy_a_baseball_bat_on_amazon_they_have/

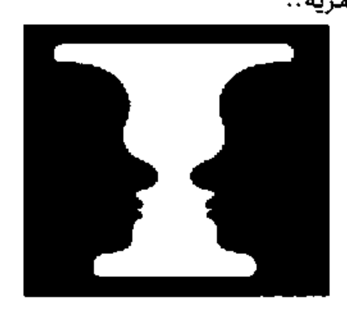
(18) Sarah Perez, 'Uber debuts a "smarter" UberPool in Manhattan', TechCrunch, 22 May 2017, https://techcrunch.com/201722/05//uber-debuts-a-smarter-uberpool-inmanhattan/.

(19) أقول «نظرياً» متعمدة. ما يحدث في الواقع قد يختلف قليلاً. بعض الخوارزميات وضعها مئات المطورين أو ربما آلاف منهم على مدى سنوات، يضيف الواحد منهم تدريجياً خطواته الخاصة للعملية. وفيما تنمو سطور

البرنامج، تنمو معها درجة تقيد النظام، حتى تصبح الخيوط المنطقية أشبه بطبق من السباغيتي المتشابكة. في النهاية، يصبح خوارزماً من المستحيل تتبعه، أعقد بكثير من قدرة أي إنسان على فهمه.

في 2013، حُكم على تويوتا Toyota بدفع 3 مليون دولار نقداً، كتعويض على حادث اصطدام مميت تورطت فيه إحدى سياراتها. تسارعت السيارة بشكل خارج عن السيطرة، برغم أن قدم السائق كانت على دواسة الفرامل لا الوقود في ذلك الوقت. قال شاهد خبير لهيئة المحلفين إن المسؤول عن ذلك كان تعليمة غير مقصودة مختبئة في أعماق الفوضى المتشابكة من التعليمات في البرنامج. انظر: Phil Koopman, A case study of Toyota unintended acceleration and software safety (Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 18 Sept. 2014) https://users.ece.cmu.edu/~koopman/pubs/koopman14_toyota_ua_slides.pdf

(20) هذه الخدعة هنا (المثال من https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vase_of_rubin.png) تعرف باسم مزهرية روبين Rubin's vase، على اسم إدجار روبين Edgar Rubin الذي طور الفكرة. إنها مثال لصورة غامضة تقع على الحدود بين صورة لوجهين في الظلال ينظران لبعضيهما، وصورة لمزهرية بيضاء. في تلك الرسمة، من السهل أن تتنقل بين الشكلين في عقلك، لكن لا يتطلب أن تصبح الصورة أقرب لأحدهما من الأخرى إلا بإضافة خطين. تظليل العينين مثلاً أو وضع ظل لقاعدة المزهرية..



الشيء نفسه في مثال الكلب/السيارة في التعرف على الصور. وجد الفريق أن الصورة كانت على الحافة بين تصنيفين مختلفين، واستخدموا أقل تدخل ممكن لنقلها من تصنيف إلى آخر في عين الآلة.

(21) Jiawei Su, Danilo Vasconcellos Vargas and Kouichi Sakurai, 'One pixel attack for fooling deep neural networks', arXiv:1719.08864v4 [cs.LG], 22 Feb. 2018, https://arxiv.org/pdf/1710.08864.pdf.

(22) Chris Brooke, '"I was only following satnav orders" is no defence: driver who ended up teetering on cliff edge convicted of careless driving', Daily Mail, 16 Sept. 2009, http://www.dailymail.co.uk/news/article-1213891/Driver-ended-teetering-cliff-edge-guilty-blindly-following-sat-nav-directions.html#ixzz59vihbQ2n.

(23) نفس المصدر السابق.

(24) Robert Epstein and Ronald E. Robertson, 'The search engine manipulation effect (SEME) and its possible impact on the outcomes of elections', Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 112, no. 33, 2015, pp. E4512–21, http://www.pnas.org/content/11233//E4512.

(25) David Shultz, 'Internet search engines may be influencing elections', Science, 7 Aug. 2015,http://www.sciencemag.org/news/201508//internet-search-engines-may-beinfluencing-elections

(26) Epstein and Robertson, 'The search engine manipulation effect (SEME)'

(27) Linda J. Skitka, Kathleen Mosier and Mark D. Burdick, 'Accountability and automation bias', International Journal of Human–Computer Studies, vol. 52, 2000, pp. 701–17, http://lskitka.people.uic.edu/IJHCS2000.pdf.

(28) KW v. Armstrong, US District Court, D. Idaho, 2 May 2012, https://scholar.google. co.uk/scholar_case?case= 17062168494596747089&hl=en&as_sdt=2006.

(29) Jay Stanley, Pitfalls of Artificial Intelligence Decision making Highlighted in Idaho ACLU Case, American Civil Liberties Union, 2 June 2017, https://www. aclu.org/blog/privacytechnology/pitfalls-artificial-intelligence-decisionmaking-highlighted-idaho-aclu-case

(30) 'K.W. v. Armstrong', Leagle.com, 24 March 2014, https://www.leagle.com/decision/ infdco20140326c20.

(31) نفس المصدر السابق.

(32) ACLU Idaho staff, https://www.acluidaho.org/en/ about/staff.

(33) Stanley, Pitfalls of Artificial Intelligence Decision-making.

(34) ACLU, Ruling mandates important protections for

due process rights of Idahoans with developmental disabilities, 30 March 2016, https://www.aclu.org/news/federal-courtrules-against-idaho-department-health-and-welfare-medicaid-class-action

(35) Stanley, Pitfalls of Artificial Intelligence Decision-making.

(36) نفس المصدر السابق.

(37) نفس المصدر السابق.

(38) نفس المصدر السابق.

(39) نفس المصدر السابق.

(40) Kristine Phillips, 'The former Soviet officer who trusted his gut – and averted a globalnuclear catastrophe', Washington Post, 18 Sept. 2017, https://www.washingtonpost.com/news/retropolis/wp/201718/09//the-former-soviet-officer-who-trusted-his-gutand-averted-a-global-nuclear-catastrophe/?utm_term=.6546e0f06cce

(41) Pavel Aksenov, 'Stanislav Petrov: the man who may have saved the world', BBC News, 26 Sept. 2013, http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-24280831

(42) نفس المصدر السابق.

(43)Stephen Flanagan, Re: Accident at Smiler Rollercoaster, Alton Towers, 2 June 2015: Expert's Report, prepared at

the request of the Health and Safety Executive, Oct. 2015, http://www.chiark.greenend.org.uk/~ijackson/2016/Expert%20witness%20report%20 from%20Steven%20Flanagan.pdf
(44) Paul E. Meehl, Clinical versus Statistical Prediction: A Theoretical Analysis and a Review of the Evidence (Minneapolis: University of Minnesota, 1996; first publ. 1954), http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.693.6031&rep=rep1&type=pdf.
(45) William M. Grove, David H. Zald, Boyd S. Lebow, Beth E. Snitz and Chad Nelson, 'Clinical versus mechanical prediction: a meta-analysis', Psychological Assessment, vol. 12, no. 1, 2000, p. 19.
(46) Berkeley J. Dietvorst, Joseph P. Simmons and Cade Massey. 'Algorithmic aversion: people erroneously avoid algorithms after seeing them err', Journal of Experimental Psychology, Sept. 2014, http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/WPAF201410-AlgorithmAversion-Dietvorst-Simmons-Massey.pdf.
(47) Nicholas Carlson, 'Well, these new Zuckerberg IMs won't help Facebook's privacy problems', Business Insider, 13 May 2010, http://www.businessinsider.com/well-these-new-zuckerberg-ims-wont-help-facebooks-privacy-problems-20105-?IR=T.

(48) Clive Humby, Terry Hunt and Tim Phillips, Scoring Points: How Tesco Continues to Win Customer Loyalty (London: Kogan Page, 2008).

(49) نفس المصدر السابق.

(50) See Eric Schmidt, 'The creepy line', YouTube, 11 Feb. 2013, https://www.youtube.com/watch?v=o-rvER6YTss.

(51) Charles Duhigg, 'How companies learn your secrets', New York Times, 16 Feb. 2012, https://www.nytimes.com/201219/02//magazine/shopping-habits.html.

(52) نفس المصدر السابق.

(53) Sarah Buhr, 'Palantir has raised $880 million at a $20 billion valuation', TechCrunch, 23 Dec. 2015.

(54) Federal Trade Commission, Data Brokers: A Call for Transparency and Accountability, (Washington DC, May 2014), https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/data-brokers-call-transparency-accountability-report-federal-trade-commission-may-2014140527/databrokerreport.pdf.

(55) نفس المصدر السابق.

(56) Wolfie Christl, Corporate Surveillance in Everyday Life, Cracked Labs, June 2017, http://crackedlabs.org/en/corporate-surveillance.

(57) Heidi Waterhouse, 'The death of data: retention, rot, and

risk', The Lead Developer, Austin, Texas, 2 March 2018, https://www.youtube.com/watch?v=mXvPChEo9iU

(58) Amit Datta, Michael Carl Tschantz and Anupam Datta, 'Automated experiments on ad privacy settings', Proceedings on Privacy Enhancing Technologies, no. 1, 2015, pp. 92–112.

(59) Latanya Sweeney, 'Discrimination in online ad delivery', Queue, vol. 11, no. 3, 2013, p. 10, https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2460278.

(60) Jon Brodkin, 'Senate votes to let ISPs sell your Web browsing history to advertisers', Ars Technica, 23 March 2017, https://arstechnica.com/tech-policy/201703//senate-votes-to-let-isps-sell-your-web-browsing-history-to-advertisers/.

(61) Svea Eckert and Andreas Dewes, 'Dark data', DEFCON Conference 25, 20 Oct. 2017, https://www.youtube.com/watch?v=1nvYGi7-Lxo.

(62) The researchers based this part of their work on Arvind Narayanan and Vitaly Shmatikov, 'Robust de-anonymization of large sparse datasets', paper presented to IEEE Symposium on Security and Privacy, 18–22 May 2008.

(63) Michal Kosinski, David Stillwell and Thore Graepel.

'Private traits and attributes are predictable from digital records of human behavior', vol. 110, no. 15, 2013, pp. 5802–5.

(64) نفس المصدر السابق.

(65) Wu Youyou, Michal Kosinski and David Stillwell, 'Computer-based personality judgments are more accurate than those made by humans', Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 112, no. 4, 2015, pp. 1036–40.

(66) S. C. Matz, M. Kosinski, G. Nave and D. J. Stillwell, 'Psychological targeting as an effective approach to digital mass persuasion', Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 114, no. 48, 2017, 201710966.

(67) Paul Lewis and Paul Hilder, 'Leaked: Cambridge Analytica's blueprint for Trump victory', Guardian, 23 March 2018.

(68) 'Cambridge Analytica planted fake news', BBC, 20 March 2018, http://www.bbc.co.uk/news/av/world-43472347/cambridge-analytica-planted-fake-news.

(69) Adam D. I. Kramer, Jamie E. Guillory and Jeffrey T. Hancock, 'Experimental evidence of massive-scale emotional contagion through social networks', Proceedings of the National Academy of Sciences, vol.

111, no. 24, 2014, pp. 8788–90.

(70) Jamie Bartlett, 'Big data is watching you – and it wants your vote', Spectator, 24 March 2018.

(71) Li Xiaoxiao, 'Ant Financial Subsidiary Starts Offering Individual Credit Scores', Caixin, 2 March 2015, https://www.caixinglobal.com/201510101 2655/02-03-.html.

(72) Rick Falkvinge, 'In China, your credit score is now affected by your political opinions – and your friends' political opinions', Privacy News Online, 3 Oct. 2015, https://www.privateinternetaccess.com/blog/201510// in-china-your-credit-score-is-now-affected-by-your-political-opinions-and-your-friends-political-opinions/.

(73) State Council Guiding Opinions Concerning Establishing and Perfecting Incentives for Promise-keeping and Joint Punishment Systems for Trust-breaking, and Accelerating the Construction of Social Sincerity, China Copyright and Media, 30 May 2016, updated 18 Oct. 2016, https://chinacopyrightandmedia.wordpress.com/201630/05//state-council-guiding-opinions-concerning-establishing-and-perfecting-incentives-for-promise-keeping-and-joint-punishment-systems-for-trust-breaking-and-accelerating-the-construction-of-social-sincer/.

(74) Rachel Botsman, Who Can You Trust? How Technology Brought Us Together – and Why It Could Drive Us Apart (London: Penguin, 2017), Kindle edn, p. 151.

(75) John-Paul Ford Rojas, 'London riots: Lidl water thief jailed for six months', Telegraph, 7 Jan. 2018, http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/crime/8695988/London-riots-Lidl-water-thief-jailed-for-six-months.html.

(76) Matthew Taylor, 'London riots: how a peaceful festival in Brixton turned into a looting free-for-all', Guardian, 8 Aug. 2011, https://www.theguardian.com/uk/2011/aug/08/london-riots-festival-brixton-looting.

(77) Rojas, 'London riots'.

(78) Josh Halliday, 'London riots: how BlackBerry Messenger played a key role', Guardian, 8 Aug. 2011, https://www.theguardian.com/media/2011/aug/08/london-riots-facebook-twitter-blackberry.

(79) David Mills, 'Paul and Richard Johnson avoid prison over riots', News Shopper, 13 Jan. 2012, http://www.newsshopper.co.uk/londonriots/9471288.Father_and_son_avoid_prison_over_riots/.

(80) نفس المصدر السابق.

(81) Rojas, 'London riots'

«عادة، لا تعتقلك الشرطة لمثل تلك المخالفة. لا يحتجزوك ولا يأخذوك للمحكمة». هانا كويرك Hannah Quirk، محاضرة عليا في القانون الجنائي والعدالة بجامعة مانشستر، عن قضية نيكولاس في 2015. Carly Lightowlers and Hannah Quirk, 'The 2011 English "riots": prosecutorial zeal and judicial abandon', British Journal of Criminology, vol. 55, no. 1, 2015, pp. 65-85.

(82) Mills, 'Paul and Richard Johnson avoid prison over riots'.

(83) William Austin and Thomas A. Williams III, 'A survey of judges' responses to simulated legal cases: research note on sentencing disparity', Journal of Criminal Law and Criminology, vol. 68, no. 2, 1977, pp. 306–310.

(84) Mandeep K. Dhami and Peter Ayton, 'Bailing and jailing the fast and frugal way', Journal of Behavioral Decision-making, vol. 14, no. 2, 2001, pp. 141–68, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bdm.371/abstract.

(85) اختلفت آراء ما يقرب من نصف القضاة في مسار العمل المناسب لأية قضية.

(86) لدى الاحصائيين طريقة لقياس هذا النوع من الاتساق في الأحكام تُدعى معامل كوهين كابا Cohen's Kappa. تأخذ في اعتبارها حقيقة أنك -حتى لو كنت ترمي تخمينات واسعة، فقد ينتهي بك الحال متسقاً بالصدفة. الحصول على درجة 1 يعني أنك متسق بالكامل، الحصول على درجة صفر يعني أنك لست أفضل من الأحكام العشوائية. درجات القضاة تراوحت بين الصفر والواحد، ومتوسطها كان 0.69.

(87) Diane Machin, ‘Sentencing guidelines around the world’, paper prepared for Scottish Sentencing Council, May 2005, https://www.scottishsentencingcouncil.org.uk/media/1109/paper-31a-sentencing-guidelines-around-the-world.pdf.

(88) نفس المصدر السابق.

(89) نفس المصدر السابق.

(90) Ernest W. Burgess, ‘Factors determining success or failure on parole’, in The Workings of the Intermediate-sentence Law and Parole System in Illinois (Springfield, IL: State Board of Parole, 1928).

هذه ورقة يصعب تتبعها، فإليك بديل للقراءة كتبه تيبيتس Tibbitts زميل بورغس، في الدراسة المستكملة للأصلية:

Clark Tibbitts, ‘Success or failure on parole can be predicted: a study of the records of 3,000 youths paroled from the Illinois State Reformatory’, Journal of Criminal Law and Criminology, vol. 22, no. 1, Spring 1931, https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2211&context=jclc.

باقي التصنيفات التي استخدمها بورغس كانت «خروف أسود black sheep» و«مجرم بالصدفة criminal by accident» و«رجل عصابات gangster». «فتى المزرعة» كان التصنيف الذي وجده أقل عرضة للعودة للجريمة.

(91) Karl F. Schuessler, ‘Parole prediction: its history and status’, Journal of Criminal Law and Criminology, vol. 45,

no. 4, 1955, pp. 425–31, https://pdfs.semanticscholar.org/4cd231/dd25321a0c14a9358a93ebccb6f15d3169.pdf.

(92) نفس المصدر السابق.

(93) Bernard E. Harcourt, Against Prediction: Profiling, Policing, and Punishing in an Actuarial Age (Chicago and London: University of Chicago Press, 2007), p. 1.

(94) Philip Howard, Brian Francis, Keith Soothill and Les Humphreys, OGRS 3: The Revised Offender Group Reconviction Scale, Research Summary 709/ (London: Ministry of Justice, 2009), https://core.ac.uk/download/pdf/1556521.pdf.

(95) تنبيه صغير هنا: يوجد على الأرجح بعض التحيز في هذه الإحصائية. تُستخدم «طلب مساعدة الجمهور» عادة في الجولات الأولى من اللعبة، حيث أغلب الأسئلة أسهل بكثير. برغم ذلك تبقى فكرة أن الآراء الجمعية لمجموعة أدق من آراء أي فرد ظاهرة موثقة جيداً. للمزيد عن هذا انظر:
James Surowiecki, The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter than the Few (New York: Doubleday, 2004), p. 4.

(96) Netflix Technology Blog, https://medium.com/netflix-techblog/netflix-recommendations-beyond-the-5-stars-part-2-d9b96aa399f5.

(97) Shih-ho Cheng, 'Unboxing the random forest classifier: the threshold distributions', Airbnb Engineering and Data Science, https://medium.com/airbnb-engineering/

unboxing-the-random-forest-classifier-the-threshold-distributions-22ea2bb58ea6.

(98) Jon Kleinberg, Himabindu Lakkaraju, Jure Leskovec, Jens Ludwig and Sendhil Mullainathan, Human Decisions and Machine Predictions, NBER Working Paper no. 23180 (Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, Feb. 2017), http:// www.nber.org/papers/w23180.

استخدمت هذه الدراسة في الواقع «أشجار قرارات التدريج المعزز gradient boosted decision trees»، وهو خوارزم يشبه الغابات العشوائية. كلاهما يدمج توقعات العديد من أشجار القرارات للوصول إلى قرار، لكن الأشجار في طريقة التدريج المعزز تنمو بالتتابع، بينما الأشجار في الغابات العشوائية تنمو على التوازي. لتجهيز هذه الدراسة، قُسمت قاعدة البيانات في البداية إلى نصفين. استُخدم النصف الأول لتدريب الخوارزم فيما تُرك النصف الثاني جانباً. ما أن صار الخوارزم جاهزاً، حتى أخذ القضايا من النصف الذي لم يره من قبل ليحاول توقع ما الذي سيحدث فيها. (دون تقسيم البيانات في البداية، لن يكون خوارزمك أكثر من جدول بحث فاخر).

(99) قضى الأكاديميون بعض الوقت في تطوير تقنيات تتعامل مع هذه المسألة بالأخص، لذا لا يزال بوسعك القيام بمقارنة ذات معنى بين توقعات القضاة والخوارزميات. لمزيد من التفاصيل عن ذلك انظر:

(100) Kleinberg et al., Human Decisions and Machine Predictions.'Costs per place and costs per prisoner by individual prison', National Offender Management

Service Annual Report and Accounts 2015–16, Management Information Addendum, Ministry of Justice information release, 27 Oct. 2016, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/563326/costs-per-place-cost-per-prisoner-201516-.pdf.

(101) Marc Santora, 'City's annual cost per inmate is $168,000, study finds', New York Times, 23 Aug. 2013, http://www.nytimes.com/201324/08//nyregion/citys-annual-cost-per-inmate-is-nearly-168000-study-says.html; Harvard University, 'Harvard at a glance', https://www.harvard.edu/about-harvard/harvard-glance.

(102) Luke Dormehl, The Formula: How Algorithms Solve All Our Problems . . . and Create More (London: W. H. Allen, 2014), p. 123.

(103) Julia Angwin, Jeff Larson, Surya Mattu and Lauren Kirchner, 'Machine bias', ProPublica, 23 May 2016, https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing.

(104) 'Risk assessment' questionnaire, https://www.documentcloud.org/documents/ 2702103-Sample-Risk-Assessment-COMPAS-CORE.html.

(105) Tim Brennan, William Dieterich and Beate Ehret

(Northpointe Institute), 'Evaluating the predictive validity of the COMPAS risk and needs assessment system', Criminal Justice and Behavior, vol. 36, no. 1, 2009, pp. 21–40, http://www.northpointeinc.com/files/publications/Criminal-Justice-Behavior-COMPAS.pdf.

طبقاً لدراسة من 2018، لخوارزم كومباس درجة دقة شبيهة بتلك لمجموعة من البشر. أوضح العلماء أن سؤال مجموعة من 20 فرداً دون خبرة لتوقع درجة النكوص، حققت درجة مساوية لنظام كومباس. تلك مقارنة مثيرة للاهتمام، لكن جدير بالتذكر أن في المحاكم الحقيقية، لا يملك القضاة فريقاً من الغرباء يقومون بالتصويت في الغرفة الخلفية. بل هم وحدهم. وتلك هي المقارنة الوحيدة الهامة فعلاً. انظر:

Julia Dressel and Hany Farid, 'The accuracy, fairness, and limits of predicting recidivism', Science Advances, vol. 4, no. 1, 2018.

(106) Christopher Drew Brooks v. Commonwealth, Court of Appeals of Virginia, Memorandum Opinion by Judge Rudolph Bumgardner III, 28 Jan. 2004, https://law.justia.com/cases/virginia/court-of-appeals-unpublished/20042540023/.html.

(107) 'ACLU brief challenges constitutionality of Virginia's sex offender risk assessment guidelines', American Civil Liberties Union Virginia, 28 Oct. 2003, https://acluva.org/en/press-releases/aclu-brief-

challenges-constitutionality-virginias-sex-offender-risk-assessment.

(108) State v. Loomis, Supreme Court of Wisconsin, 13 July 2016, http://caselaw.findlaw.com/wi-supreme-court/1742124.html.

(109) اقتباسات ريتشارد بيرك من مراسلات شخصية.

(110) Angwin et al., 'Machine bias'.

(111) Global Study on Homicide 2013 (Vienna: United Nations Office on Drugs and Crime, 2014), http://www.unodc.org/documents/gsh/pdfs/2014_GLOBAL_HOMICIDE_BOOK_web.pdf.

(112) ACLU, 'The war on marijuana in black and white', June 2013, www.aclu.org/files/assets/aclu-thewaronmarijuana-ve12.pdf

(113) ربما من المفاجئ ذكر أن موقف إيكويفانت بهذا الخصوص قد دعمته المحكمة العليا لويسكونسن. بعدما حكم على إريك لوميس Eric Loomis بالسجن لست سنوات قاضٍ يستخدم أداة كومباس لتقييم المخاطر، استُؤنف الحكم. ادعت قضية لوميس في مواجهة ولاية ويسكونسن، أن استخدام برنامج خاص مغلق المصدر لتقييم المخاطر لتحديد العقوبة يخالف حقه في الإجراءات القانونية السليمة، لأن الدفاع لا يستطيع تحدي الصحة العلمية للتقييم. لكن محكمة ويسكونسن العليا حكمت أن استخدام المحكمة لخوارزم تقييم المخاطر في إصدار الحكم لم يخالف حق المتّهم في الإجراءات القانونية.

Supreme Court of Wisconsin, case no. 2015AP157-CR, opinion filed 13 July 2016, https://www.wicourts.gov/sc/opinion/DisplayDocument.pdf?content=pdf&seqNo=171690.

(114) Lucy Ward, 'Why are there so few female maths professors in universities?', Guardian, 11 March 2013, https://www.theguardian.com/lifeandstyle/the-womens-blog-with-jane-martinson/2013/mar/11/women-maths-professors-uk-universities.

(115) Sonja B. Starr and M. Marit Rehavi, Racial Disparity in Federal Criminal Charging and Its Sentencing Consequences, Program in Law and Economics Working Paper no. 12002- (Ann Arbor: University of Michigan Law School, 7 May 2012), http://economics.ubc.ca/files/201305//pdf_paper_marit-rehavi-racial-disparity-federal-criminal.pdf.

(116) David Arnold, Will Dobbie and Crystal S. Yang, Racial Bias in Bail Decisions, NBER Working Paper no. 23421 (Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2017), https://www.princeton.edu/~wdobbie/files/racialbias.pdf.

(117) John J. Donohue III, Capital Punishment in Connecticut, 1973–2007: A Comprehensive Evaluation

from 4686 Murders to One Execution (Stanford, CA, and Cambridge, MA: Stanford Law School and National Bureau of Economic Research, Oct. 2011), https://law.stanford.edu/wp-content/uploads/sites/default/files/publication/259986/doc/slspublic/fulltext.pdf.

(118) Adam Benforado, Unfair: The New Science of Criminal Injustice (New York: Crown, 2015), p. 197.

(119) Sonja B. Starr, Estimating Gender Disparities in Federal Criminal Cases, University of Michigan Law and Economics Research Paper no. 12018- (Ann Arbor: University of Michigan Law School, 29 Aug. 2012), https://ssrn.com/abstract=2144002 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2144002.

(120) David B. Mustard, 'Racial, ethnic, and gender disparities in sentencing: evidence from the US federal courts', Journal of Law and Economics, vol. 44, no. 2, April 2001, pp. 285–314, http://people.terry.uga.edu/mustard/sentencing.pdf.

(121) Daniel Kahneman, Thinking, Fast and Slow (New York: Farrar, Straus & Giroux, 2011), p. 44.

(122) Chris Guthrie, Jeffrey J. Rachlinski and Andrew J. Wistrich, Blinking on the Bench: How Judges Decide Cases, paper no. 917 (New York: Cornell University

Law Faculty, 2007), http://scholarship.law.cornell.edu/ facpub/917.

(123) Kahneman, Thinking, Fast and Slow, p. 13.

(124) نفس المصدر السابق.

(125) Dhami and Ayton, 'Bailing and jailing the fast and frugal way'.

(126) Brian Wansink, Robert J. Kent and Stephen J. Hoch, 'An anchoring and adjustment model of purchase quantity decisions', Journal of Marketing Research, vol. 35, 1998, pp. 71–81, http://foodpsychology.cornell.edu/sites/default/files/unmanaged_files/Anchoring-JMR-1998.pdf.

(127) Mollie Marti and Roselle Wissler, 'Be careful what you ask for: the effect of anchors on personal injury damages awards', Journal of Experimental Psychology: Applied, vol. 6, no. 2, 2000, pp. 91–103.

(128) Birte Englich and Thomas Mussweiler, 'Sentencing under uncertainty: anchoring effects in the courtroom', Journal of Applied Social Psychology, vol. 31, no. 7, 2001, pp. 1535–51, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.15591816.2001-.tb02687.x.

(129) Birte Englich, Thomas Mussweiler and Fritz Strack, 'Playing dice with criminal sentences:

the influence of irrelevant anchors on experts' judicial decision making', Personality and Social Psychology Bulletin, vol. 32, 2006, pp. 188–200, https://www.researchgate.net/publication/7389517_Playing_Dice_With_Criminal_Sentences_The_Influence_of_Irrelevant_Anchors_on_Experts%27_Judicial_Decision_Making?enrichId=rgreq-f2fedfeb71aa83f8fad80cc24df3254d-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzczODk1MTc7QVM6MTAzODIzNjIwMTgyMDIyQDE0MDE3NjQ4ODgzMTA%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf.

(130) نفس المصدر السابق.

(131) نفس المصدر السابق.

(132) Mandeep K. Dhami, Ian K. Belton, Elizabeth Merrall, Andrew McGrath and Sheila Bird, 'Sentencing in doses: is individualized justice a myth?', under review. Kindly shared through personal communication with Mandeep Dhami.

(133) نفس المصدر السابق.

(134) Adam N. Glynn and Maya Sen, 'Identifying judicial empathy: does having daughters cause judges to rule for women's issues?', American Journal of Political Science, vol. 59, no. 1, 2015, pp. 37–54, https://scholar.

harvard.edu/files/msen/files/daughters.pdf.

(135) Shai Danziger, Jonathan Levav and Liora Avnaim-Pesso, 'Extraneous factors in judicial decisions', Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 108, no. 17, 2011, pp. 6889–92, http://www.pnas.org/content/108/ 176889/.

(136) Keren Weinshall-Margel and John Shapard, 'Overlooked factors in the analysis of parole decisions', Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 108, no. 42, 2011, E833, http://www.pnas.org/content/10842//E833.long.

(137) Uri Simonsohn and Francesca Gino, 'Daily horizons: evidence of narrow bracketing in judgment from 9,000 MBA-admission interviews', Psychological Science, vol. 24, no. 2, 2013, pp. 219–24, https://ssrn.com/abstract=2070623.

(138) Lawrence E. Williams and John A. Bargh, 'Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth', Science, vol. 322, no. 5901, pp. 606–607, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2737341/.

(139) Richard M. Levenson, Elizabeth A. Krupinski, Victor M. Navarro and Edward A. Wasserman. 'Pigeons (Columba livia) as trainable observers of pathology

and radiology breast cancer images', PLOSOne, 18 Nov. 2015, http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0141357.

(140) 'Hippocrates' daughter as a dragon kills a knight, in "The Travels of Sir John Mandeville"', British Library Online Gallery, 26 March 2009, http://www.bl.uk/onlinegallery/onlineex/illmanus/harlmanucoll/h/011hrl000003954u00008v00.html.

(141) Eleni Tsiompanou, 'Hippocrates: timeless still', JLL Bulletin: Commentaries on the History of Treatment Evaluation (Oxford and Edinburgh: James Lind Library, 2012), http://www.jameslindlibrary.org/articles/hippocrates-timeless-still/.

(142) David K. Osborne, 'Hippocrates: father of medicine', Greek Medicine.net, 2015, http://www.greekmedicine.net/whos_who/Hippocrates.html.

(143) Richard Colgan, 'Is there room for art in evidence-based medicine?', AMA Journal of Ethics, Virtual Mentor 13: 1, Jan. 2011, pp. 52–4, http://journalofethics.ama-assn.org/201101//msoc11101-.html.

(144) Joseph Needham, Science and Civilization in China, vol. 6, Biology and Biological Technology, part VI, Medicine, ed. Nathan Sivin (Cambridge: Cambridge

University Press, 2004), p. 143, https://monoskop.org/images/116//Needham_Joseph_Science_and_Civilisation_in_China_Vol_66-_Biology_and_Biological_Technology_Medicine.pdf.

(145) 'Ignaz Semmelweis', Brought to Life: Exploring the History of Medicine (London: Science Museum n.d.), http://broughttolife.sciencemuseum.org.uk/broughttolife/people/ignazsemmelweis.

(146) اقتباسات أندي بيك من مراسلات شخصية.

(147) Joann G. Elmore, Gary M. Longton, Patricia A. Carney, Berta M. Geller, Tracy Onega, Anna N. A. Tosteson, Heidi D. Nelson, Margaret S. Pepe, Kimberly H. Allison, Stuart J. Schnitt, Frances P. O'Malley and Donald L. Weaver, 'Diagnostic concordance among pathologists interpreting breast biopsy specimens', Journal of the American Medical Association, vol. 313, no. 11, 17 March 2015, 1122–32, https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2203798.

(148) نفس المصدر السابق.

(149) جاء الاسم «الشبكة العصبية neural network» كتشبيه لما يحدث في المخ، ففيه تتصل مليارات الأعصاب ببعضها عبر شبكة هائلة. كل خلية عصبية [عصبون/ neuron] تنصت إلى الروابط المتصلة بها وترسل إشارة كلما التقطت نشاط خلية أخرى. عندها تُنشط الإشارة خلية عصبية

أخرى كانت تُنصت إليها.

الشبكة العصبية أكثر نظاماً وبساطة من نسخة المخ. خلاياها العصبية (الصناعية) مرتبة في طبقات، والخلايا في كل طبقة تنصت إلى كل الخلايا في الطبقة السابقة. في مثالنا عن الكلب أول طبقة على الإطلاق هي النقاط pixels المنفردة في الصورة. ثم توجد عدة طبقات أخرى في كل منها آلاف الخلايا العصبية، وطبقة أخيرة فيها خلية عصبية واحدة، ينتج عنها احتمال إن كانت الصورة المُدخلة لكلب.

عملية تحديث الخلايا العصبية تُعرف باسم «خوارزم الانتشار الخلفي backpropagation algorithm». نبدأ بالخلية العصبية الأخيرة التي تُخرج احتمال أن بالصورة كلباً. لنقل إننا غذيناها بصورة كلب، وتوقعت أن في الصورة كلباً بنسبة 70%. تنظر عندها للإشارات التي تلقتها من الطبقة السابقة وتقول: «المرة القادمة التي أتلقى فيها معلومات شبيهة، سأزيد احتمال أن في الصورة كلباً». ثم تقول لكل الخلايا في الطبقة السابقة: «إن كنتم قد أعطيتموني تلك الإشارة بدلاً من تلك، كنت لأقوم بتوقّع أفضل». تنظر عندها كل من تلك الخلايا إلى الإشارات التي دخلتها وتغير ما ستقوله في المرة القادمة. ثم تخبر الخلايا السابقة لها بما كان عليها إرساله من إشارات، وهكذا خلال كل الطبقات حتى البداية. عملية نشر الأخطاء تلك من نهاية الشبكة العصبية إلى بدايتها هي ما أدت إلى تسمية «خوارزم الانتشار الخلفي».

لنظرة عامة أوسع وأكثر تفصيلاً على الشبكات العصبية وكيفية بنائها وتدريبها، انظر:

Pedro Domingos, The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World (New York: Basic Books, 2015).

(150) Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever and Geoffrey E. Hinton, 'ImageNet classification with deep convolutional neural networks', in F. Pereira, C. J. C. Burges, L. Bottou and K. Q. Weinberger, eds, Advances in Neural Information Processing Systems 25 (La Jolla, CA, Neural Information Processing Systems Foundation, 2012), pp. 1097–1105, http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf.

يعرف هذا الخوارزم بالتحديد باسم (الشبكة العصبية التلافيفية convolutional neural network). بدلاً من التغذي على الصورة كلها، يطبق الخوارزم أولاً على عدد من المرشحات المختلفة، ويبحث عن أنماط محلية في تفاصيل الصورة المختلفة.

(151) Marco Tulio Ribeiro, Sameer Singh and Carlos Guestrin, '"Why should I trust you?" Explaining the predictions of any classifier', Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, San Francisco, 2016, pp. 1135–44, http://www.kdd.org/kdd2016/papers/files/rfp0573-ribeiroA.pdf.

(152) ذلك كان مقارنة بتقييم لجنة من الخبراء، الذين كان تحليلهم الجماعي بمثابة الحقيقة المطلقة لما تحويه الشرائح.

(153) Trafton Drew, Melissa L. H. Vo and Jeremy M. Wolfe,

'The invisible gorilla strikes again: sustained inattentional blindness in expert observers', Psychological Science, vol. 24, no. 9, Sept. 2013, pp. 1848–53, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3964612/.

(154) تقع الغوريلا في أعلى يمين الصورة.

(155) Yun Liu, Krishna Gadepalli, Mohammad Norouzi, George E. Dahl, Timo Kohlberger, Aleksey Boyko, Subhashini Venugopalan, Aleksei Timofeev, Philip Q. Nelson, Greg S. Corrado, Jason D. Hipp, Lily Peng and Martin C. Stumpe, 'Detecting cancer metastases on gigapixel pathology images', Cornell University Library, 8 March 2017, https://arxiv.org/abs/1703.02442.

(156) Dayong Wang, Aditya Khosla, Rishab Gargeya, Humayun Irshad and Andrew H. Beck, 'Deep learning for identifying metastatic breast cancer', Cornell University Library, 18 June 2016, https://arxiv.org/abs/1606.05718.

(157) David A. Snowdon, 'The Nun Study', Boletin de LAZOS de la Asociación Alzheimer de Monterrey, vol. 4, no. 22, 2000; D. A. Snowdon, 'Healthy aging and dementia: findings from the Nun Study', Annals of Internal Medicine, vol. 139, no. 5, Sept. 2003, pp. 450–54.

(158) حُسبت الكثافة الفكرية idea density -كوسيلة لقياس التعقيد اللغوي-

عن طريق عدّ الأفكار المتفردة التي استخدمتها الراهبة في كل سلسلة من عشر كلمات. توجد نظرة عامة لطيفة في:

Associated Press, 'Study of nuns links early verbal skills to Alzheimer's, Los Angeles Times, 21 Feb. 1996, http://articles.latimes.com/199621-02-/news/mn-38356_1_alzheimer-nuns-studied

(159) Maja Nielsen, Jørn Jensen and Johan Andersen, 'Precancerousandcancerousbreastlesionsduringlifetimeand at autopsy: a study of 83 women', Cancer, vol. 54, no. 4, 1984, pp. 612–15, http://onlinelibrary.wiley.com/wol1/doi/10.10023%54:4(1984)0142-1097/C612::AID-CNCR2820540403%E3.0.CO;2-B/abstract.

(160) H. Gilbert Welch and William C. Black, 'Using autopsy series to estimate the disease "reservoir" for ductal carcinoma in situ of the breast: how much more breast cancer can we find?', Annals of Internal Medicine, vol. 127, no. 11, Dec. 1997, pp. 1023–8, www.vaoutcomes.org/papers/Autopsy_Series.pdf.

(161) الحصول على احصائيات دقيقة أمر صعب لأنه يعتمد على البلد وديموغرافيتها (وإلى أي مدى تهتم بلدك بفحص سرطان الثدي). لملخص وافٍ، انظر:

http://www.cancerresearchuk.org/health-professional/cancer-statistics/statistics-by-cancer-type/breast-cancer

(162) اقتباسات جوناثان كانفسكي من مراسلات خاصة.

(163) 'Breakthrough method predicts risk of DCIS becoming invasive breast cancer', Artemis, May 2010, http://www.hopkinsbreastcenter.org/artemis/2010053/.html.

H. Gilbert Welch, Philip C. Prorok, A. James (164) O'Malley and Barnett S. Kramer, 'Breast-cancer tumor size, overdiagnosis, and mammography screening effectiveness', New England Journal of Medicine, vol. 375, 2016, pp. 1438–47, http://www.nejm.org/doi/.full/10.1056/NEJMoa1600249

(165) Independent UK Panel on Breast Cancer Screening, 'The benefits and harms of breast cancer screening: an independent review', Lancet, vol. 380, no. 9855, 30 Oct. 2012, pp. 1778–86, http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS01400-61611(12)6736-/abstract.

(166) مراسلات شخصية.

(167) Andrew H. Beck, Ankur R. Sangoi, Samuel Leung, Robert J. Marinelli, Torsten O. Nielsen, Marc J. van de Vijver, Robert B. West, Matt van de Rijn and Daphne Koller, 'Systematic analysis of breast cancer morphology uncovers stromal features associated with survival', Science Transitional Medicine, 19 Dec. 2014, https://becklab.hms.harvard.edu/files/becklab/files/sci_

transl_med-2011-beck-108ra113.pdf.

(168) Phi Vu Tran, 'A fully convolutional neural network for cardiac segmentation in short-axis MRI', 27 April 2017, https://arxiv.org/pdf/1604.00494.pdf.

(169) 'Emphysema', Imaging Analytics, Zebra Medical, https://www.zebra-med.com/algorithms/lungs/.

(170) Eun-Jae Lee, Yong-Hwan Kim, Dong-Wha Kang et al., 'Deep into the brain: artificial intelligence in stroke imaging', Journal of Stroke, vol. 19, no. 3, 2017, pp. 277–85, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5647643/.

(171) Taylor Kubota, 'Deep learning algorithm does as well as dermatologists in identifying skin cancer', Stanford News, 25 Jan. 2017, https://news.stanford.edu/201725/01//artificial-intelligence-used-identify-skin-cancer/.

(172) Jo Best, 'IBM Watson: the inside story of how the Jeopardy-winning supercomputer was born, and what it wants to do next', Tech Republic, n.d., https://www.techrepublic.com/article/ibm-watson-the-inside-story-of-how-the-jeopardy-winning-supercomputer-was-born-and-what-it-wants-to-do-next/.

(173) Jennings Brown, 'Why everyone is hating on IBM

Watson, including the people who helped make it', Gizmodo, 14 Aug. 2017, https://www.gizmodo.com.au/201708//why-everyone-is-hating-on-watsonincluding-the-people-who-helped-make-it/

(174)https://www.theregister.co.uk/201720/02//watson_cancerbusting_trial_on_hold_after_damning_audit_report/

(175) Casey Ross and Ike Swetlitz, 'IBM pitched its Watson supercomputer as a revolution in cancer care. It's nowhere close', STAT, 5 Sept. 2017, https://www.statnews.com/201705/09//watson-ibm-cancer/.

(176) Tomoko Otake, 'Big data used for rapid diagnosis of rare leukemia case in Japan', Japan Times, 11 Aug. 2016, https://www.japantimes.co.jp/news/201611/08//national/science-health/ibm-big-data-used-for-rapid-diagnosis-of-rare-leukemia-case-in-japan/#.Wf8S_hO0MQ8.

(177) 'Researchers validate five new genes responsible for ALS', Science Daily, 1 Dec. 2017, https://www.sciencedaily.com/releases/201717120110410l/12/.htm.

(178) John Freedman, 'A reality check for IBM's AI ambitions', MIT Technology Review, 27 June 2017.

(179) Asthma facts and statistics, Asthma UK, 2016, https://www.asthma.org.uk/ about/media/facts-and-statistics/;

Asthma in the US, Centers for Disease Control and Prevention, May 2011, https://www.cdc.gov/vitalsigns/asthma/index.html.

(180) 'Schoolgirl, 13, who died of asthma attack was making regular trips to A&E and running out of medication – but was NEVER referred to a specialist even when her lips turned blue, mother tells inquest', Daily Mail, 13 Oct. 2015, http://www.dailymail.co.uk/news/article-3270728/Schoolgirl-13-died-asthma-attack-not-referred-specialist-lips-turned-blue.html.

(181) My Data, My Care: How Better Use of Data Improves Health and Wellbeing (London: Richmond Group of Charities, Jan. 2017), https://richmondgroupofcharities.org.uk/publications.

(182) Terence Carney, 'Regulation 28: report to prevent future deaths', coroner's report on the case of Tamara Mills, 29 Oct. 2015, https://www.judiciary.gov.uk/publications/tamara-mills/.

(183) Jamie Grierson and Alex Hern, 'Doctors using Snapchat to send patient scans to each other, panel finds', Guardian, 5 July 2017, https://www.theguardian.com/technology/2017/jul/05/doctors-using-snapchat-to-send-patient-scans-to-each-other-panel-finds.

(184) حتى لو تجاوزت كل تلك المسائل، أحياناً ما تكون البيانات نفسها غير موجودة. هناك آلاف الأمراض النادرة ذات الأسباب الجينية الفريدة من نوعها. يواجه الأطباء شتى أنواع المتاعب في التعرف على مثل تلك الحالات بسبب أنهم في أحيان كثيرة لم يروا مثلها من قبل. كل خوارزميات العالم لن تحل مشكلة أحجام العينات الضئيلة.

(185) Hal Hodson, 'Revealed: Google AI has access to huge haul of NHS patient data', New Scientist, 29 April 2016, https://www.newscientist.com/article/2086454-revealed-google-ai-has-access-to-huge-haul-of-nhs-patient-data/.

(186) في الواقع، يقع كثير من اللوم على ذلك الاتفاق «غير الملائم قانونياً»، كما يُقال عنه، على عاتق رويال فري تراست، التي كانت على الأرجح متلهفة أكثر من اللازم على الشراكة مع أشهر شركات الذكاء الاصطناعي في العالم.

See the letter from Dame Fiona Caldicott, the national data guardian, that was leaked to Sky News: Alex Martin, 'Google received 1.6 million NHS patients' data on an "inappropriate legal basis"', Sky News, 15 May 2017, https://photos.google.com/share/AF1QipMdd5VTK0RNQ1AC3Dda15 26CMG0vPD4P3x4x6_qmj0Zf101rbKyxfkfyputSPvqdA/photo/AF1QipP1_rnJMXkRyy3IuFHasilQHYEknKgnHF OFEy4T?key=U2pZUDM4bmo5RHhKYVptaDlkbEhfVF h4Rm1iVUVR.

(187) Denis Campbell, 'Surgeons attack plans to delay

treatment to obese patients and smokers', Guardian, 29 Nov. 2016, https://www.theguardian.com/society/2016/nov/29/surgeons-nhs-delay-treatment-obese-patients-smokers-york.

(188) Nir Eyal, 'Denial of treatment to obese patients: the wrong policy on personal responsibility for health', International Journal of Health Policy and Management, vol. 1, no. 2, Aug. 2013, pp. 107–10, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3937915/.

(189) لوصف للعملية، انظر:

http://galton.org/essays/18801889-/galton-1884-jaigi-anthro-lab.pdf

(190) Francis Galton, 'On the Anthropometric Laboratory at the late international health exhibition', Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, vol. 14, 1885, pp. 205–21.

(191) 'Taste', https://permalinks.23andme.com/pdf/samplereport_traits.pdf.

(192) 'Sneezing on summer solstice?', 23andMeBlog, 20 June 2012, https://blog.23andme.com/health-traits/sneezing-on-summer-solstice/.

(193) 'Find out what your DNA says about your health, traits and ancestry', 23andMe, https://www.23andme.

com/en-gb/dna-health-ancestry/.

(194) Kristen v. Brown, '23andMe is selling your data but not how you think', Gizmodo,14 April 2017, https://gizmodo.com/23andme-is-selling-your-data-but-not-how-you-think-1794340474.

(195) Michael Grothaus, 'How23andMe is monetizing your DNA', Fast Company, 15 Jan. 2015, https://www.fastcompany.com/3040356/what-23andme-is-doing-with-all-that-dna.

(196) Rob Stein, 'Found on the Web, with DNA: a boy's father', Washington Post, 13 Nov. 2005, http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/200512/11//AR2005111200958.html.

(197) بعد اختبار شفرته الجينية، عرف الشاب أن ثمة نمط في كروموسوم واي Y-chromosome عنده -الذي يرثه الابن من الأب- يشاركه فيه شخصان بنفس اسم العائلة (أقارب بعيدون من ناحية أبيه). اسم العائلة ذاك وتاريخ ومحل ميلاد والده كانت كافية لتتبعه.

(198) M. Gymrek, A. L. McGuire, D. Golan, E. Halperin and Y. Erlich, 'Identifying personal genomes by surname inference', Science, vol. 339, no. 6117, Jan. 2013, pp. 321–4, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23329047.

(199) حالياً، الاختبارات الجينية لداء هنتنغتون غير متوفرة في أي اختبار

شفرة جينية تجاري.

(200) Matthew Herper, '23andMe rides again: FDA clears genetic tests to predict disease risk', Forbes, 6 April 2017, https://www.forbes.com/sites/matthewherper/201723/06/04/andme-rides-again-fda-clears-genetic-tests-to-predict-disease-risk/#302aea624fdc.

(201) DARPA, Grand Challenge 2004: Final Report (Arlington, VA: Defence Advanced Research Projects Agency, 30 July 2004), http://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/FOID/Reading%20Room/DARPA/15-F-0059_GC_2004_FINAL_RPT_7-30-2004.pdf.

(202) The Worldwide Guide to Movie Locations, 7 Sept. 2014, http://www.movie-locations.com/movies/k/Kill_Bill_Vol_2.html#.WkYiqrTQoQ8.

(203) Mariella Moon, What you need to know about DARPA, the Pentagon's mad science division, Engadget, 7 July 2014, https://www.engadget.com/201407/07//darpa-explainer/.

(204) DARPA, Urban Challenge: Overview, http://archive.darpa.mil/grandchallenge/overview.html.

(205) Sebastian Thrun, 'Winning the DARPA Grand

Challenge, 2 August 2006', YouTube, 8 Oct. 2007, https://www.youtube.com/watch?v=j8zj5lBpFTY.

(206) DARPA, Urban Challenge: Overview.

(207) 'DARPA Grand Challenge 2004 – road to . . .', YouTube, 22 Jan. 2014, https://www.youtube.com/watch?v=FaBJ5sPPmcI.

(208) Alex Davies, 'An oral history of the DARPA Grand Challenge, the grueling robot race that launched the self-driving car', Wired, 8 March 2017, https://www.wired.com/story/darpa-grand-challenge-2004-oral-history/ .

(209) 'Desert race too tough for robots', BBC News, 15 March, 2004, http://news.bbc.co.uk/1/hi/technology/3512270.stm.

(210) Davies, 'An oral history of the DARPA Grand Challenge'.

(211) Denise Chow, 'DARPA and drone cars: how the US military spawned self-driving car revolution', LiveScience, 21 March 2014, https://www.livescience.com/44272-darpa-self-driving-car-revolution.html.

(212) Joseph Hooper, 'From Darpa Grand Challenge 2004 DARPA's debacle in the desert', Popular Science, 4 June 2004, https://www.popsci.com/scitech/article/200406-/darpa-grand-challenge-2004darpas-debacle-desert.

(213) Davies, 'An oral history of the DARPA Grand Challenge'.
(214) DARPA, Report to Congress: DARPA Prize Authority. Fiscal Year 2005 Report in Accordance with 10 U.S.C. 2374a, March 2006, http://archive.darpa.mil/grandchallenge/docs/grand_challenge_2005_report_to_congress.pdf.
(215) Alan Ohnsman, 'Bosch and Daimler to partner to get driverless taxis to market by early 2020s', Forbes, 4 April 2017, https://www.forbes.com/sites/alanohnsman/201704/04//bosch-and-daimler-partner-to-get-driverless-taxis-to-market-by-early-2020s/#306ec7e63c4b.
(216) Ford, Looking Further: Ford Will Have a Fully Autonomous Vehicle in Operation by 2021, https://corporate.ford.com/innovation/autonomous-2021.html.
(217) John Markoff, 'Should your driverless car hit a pedestrian to save your life?', New York Times, 23 June 2016, https://www.nytimes.com/201624/06//technology/should-your-driverless-car-hit-a-pedestrian-to-save-your-life.html.
(218) Clive Thompson, Anna Wiener, Ferris Jabr, Rahawa Haile, Geoff Manaugh, Jamie Lauren Keiles, Jennifer Kahn and Malia Wollan, 'Full tilt: when 100 per cent of

cars are autonomous', New York Times, 8 Nov. 2017, https://www.nytimes.com/interactive/201708/11// magazine/tech-design-autonomous-future-cars-100-percent-augmented-reality-policing.html#the-end-of-roadkill.

(219) Peter Campbell, 'Trucks headed for a driverless future: unions warn that millions of drivers' jobs will be disrupted', Financial Times, 31 Jan. 2018, https:// www.ft.com/content/7686ea3e-e0dd-11e7-a0d4-0944c5f49e46.

(220) Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz and Hermann Winner, Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects (New York: Springer, May 2016), p 48.

(221) Stephen Zavestoski and Julian Agyeman, Incomplete Streets: Processes, Practices, and Possibilities (London: Routledge, 2015), p. 29.

.Maurer et al., Autonomous Driving, p. 53 (222)

(223) David Rooney, Self-guided Cars (London: Science Museum, 27 Aug. 2009), https://blog.sciencemuseum.org.uk/self-guided-cars/.

(224) Blake Z. Rong, 'How Mercedes sees into the future', Autoweek, 22 Jan. 2014, http://autoweek.com/article/

car-news/how-mercedes-sees-future.
(225) Dean A. Pomerleau, ALVINN: An Autonomous Land Vehicle In a Neural Network, CMU-CS-89107- (Pittsburgh: Carnegie Mellon University, Jan. 1989), http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2874&context=compsci.
(226) Joshua Davis, 'Say hello to Stanley', Wired, 1 Jan. 2006, https://www.wired.com/200601//stanley/; and, for more detail, Dean A. Pomerleau, Neural Network Perception for Mobile Robot Guidance (New York: Springer, 2012), p. 52.
(227) A. Filgueira, H. González-Jorge, S. Lagüela, L. Diaz-Vilariño and P. Arias, 'Quantifying the influence of rain in LiDAR performance', Measurement, vol. 95, Jan. 2017, pp. 143–8, DOI: https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.10.009; https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224116305577.
(228) Chris Williams, 'Stop lights, sunsets, junctions are tough work for Google's robo-cars', The Register, 24 Aug. 2016, https://www.theregister.co.uk/201624/08//google_self_driving_car_problems/.
(229) Novatel, IMU Errors and Their Effects, https://www.novatel.com/assets/Documents/Bulletins/APN064.pdf.

(230) النظرية نفسها ليست إلا معادلة، تربط احتمالية صحة نظرية، بشرط ملاحظة دليل ما، واحتمالية هذا الدليل، بشرط صحة النظرية. يمكن أن تجد مقدمة أشمل في:

https://arbital.com/p/bayes_rule/?l=1zq

(231) Sharon Bertsch McGrayne, The Theory That Would Not Die: How Bayes' Rule Cracked the Enigma Code, Hunted Down Russian Submarines, and Emerged Triumphant from Two Centuries of Controversy (New Haven: Yale University Press, 2011).

(232) M. Bayes and M. Price, An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances. By the Late Rev. Mr. Bayes, F.R.S. Communicated by Mr. Price, in a Letter to John Canton, A.M.F.R.S. (1763), digital copy uploaded to archive.org 2 Aug. 2011, https://archive.org/details/philtrans09948070.

(233) Michael Taylor, 'Self-driving Mercedes-Benzes will prioritize occupant safety over pedestrians', Car and Driver, 7 Oct. 2016, https://blog.caranddriver.com/self-driving-mercedes-will-prioritize-occupant-safety-over-pedestrians/.

(234) Jason Kottke, Mercedes' Solution to the Trolley Problem, Kottke.org, 24 Oct. 2016, https://kottke.org/1610//mercedes-solution-to-the-trolley-problem.

(235) Jean-François Bonnefon, Azim Shariff and Iyad Rahwan (2016), 'The social dilemma of autonomous vehicles', Science, vol. 35, 24 June 2016, DOI 10.1126/ science.aaf2654; https://arxiv.org/pdf/1510.03346.pdf.

(236) كل الاقتباسات من بول نيومان من محادثة خاصة.

(237) Naaman Zhou, 'Volvo admits its self-driving cars are confused by kangaroos', Guardian, 1 July 2017, https://www.theguardian.com/technology/2017/jul/01/volvo-admits-its-self-driving-cars-are-confused-by-kangaroos.

(238) كل الاقتباسات من جاك ستيلغو من محادثة خاصة.

(239) Jeff Sabatini, 'The one simple reason nobody is talking realistically about driverless cars', Car and Driver, Oct. 2017, https://www.caranddriver.com/features/the-one-reason-nobody-is-talking-realistically-about-driverless-cars-feature.

(240) William Langewiesche, 'The human factor', Vanity Fair, 17 Sept. 2014, https://www.vanityfair.com/news/business/201410//air-france-flight-447-crash.

(241) Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécuritié de l'Aviation Civile, Final Report on the Accident on 1st June 2009 to the Airbus A330203- registered F-GZCP operated by Air France Flight AF447 Rio de Janeiro –

Paris, Eng. edn (Paris, updated July 2012), https://www.bea.aero/docspa/2009/f-cp090601.en/pdf/f-cp090601.en.pdf.

(242) نفس المصدر السابق.

(243) Langewiesche, 'The human factor'.

(244) نفس المصدر السابق.

(245) Jeff Wise, 'What really happened aboard Air France 447', Popular Mechanics, 6 Dec. 2011, http://www.popularmechanics.com/flight/a3115/what-really-happened-aboard-air-france-4476611877-/.

(246) Langewiesche, 'The human factor'.

(247) Wise, 'What really happened aboard Air France 447'.

(248) Lisanne Bainbridge, 'Ironies of automation', Automatica, vol. 19, no. 6, Nov. 1983, pp. 775–9, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0005109883900468.

(249) نفس المصدر السابق.

(250) Alex Davies, 'Everyone wants a level 5 self-driving car – here's what that means', Wired, 26 July 2016.

(251) Justin Hughes, 'Car autonomy levels explained', The Drive, 3 Nov. 2017, http://www.thedrive.com/sheetmetal/15724/what-are-these-levels-of-autonomy-anyway.

(252) Bainbridge, 'Ironies of automation'.

(253) Jack Stilgoe, 'Machine learning, social learning and the governance of self-driving cars', Social Studies of Science, vol. 48, no. 1, 2017, pp. 25–56.

(254) Eric Tingwall, 'Where are autonomous cars right now? Four systems tested', Car and Driver, Oct. 2017, https://www.caranddriver.com/features/where-are-autonomous-cars-right-now-four-systems-tested-feature.

(255) Tracey Lindeman, 'Using an orange to fool Tesla's autopilot is probably a really bad idea', Motherboard, 16 Jan. 2018, https://motherboard.vice.com/en_us/article/a3na9p/tesla-autosteer-orange-hack.

(256) Daisuke Wakabayashi, 'Uber's self-driving cars were struggling before Arizona Crash', New York Times, 23 March 2018, https://www.nytimes.com/201823/03//technology/uber-self-driving-cars-arizona.html.

(257) Sam Levin, 'Video released of Uber self-driving crash that killed woman in Arizona', Guardian, 22 March 2018, https://www.theguardian.com/technology/2018/mar/22/video-released-of-uber-self-driving-crash-that-killed-woman-in-arizona.

(258) Audi, The Audi vision of autonomous driving, Audi Newsroom, 11 Sept. 2017, https://media.audiusa.com/

en-us/releases/184.
(259) P. Morgan, C. Alford and G. Parkhurst, Handover Issues in Autonomous Driving: A Literature Review. Project Report (Bristol: University of the West of England, June 2016), http://eprints.uwe.ac.uk/29167l// Venturer_WP5.2Lit%20ReviewHandover.pdf.
(260) Langewiesche, 'The human factor'
(261) Evan Ackerman, 'Toyota's Gill Pratt on self-driving cars and the reality of full autonomy', IEEE Spectrum, 23 Jan. 2017, https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/toyota-gill-pratt-on-the-reality-of-full-autonomy.
(262) Julia Pyper, 'Self-driving cars could cut greenhouse gas pollution', Scientific American, 15 Sept. 2014, https://www.scientificamerican.com/article/self-driving-cars-could-cut-greenhouse-gas-pollution/.
(263) Raphael E. Stern et al., 'Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: field experiments', arXiv: 1705.01693v1, 4 May 2017, https://arxiv.org/abs/1705.01693.
(264) SomeJoe7777, 'Tesla Model S forward collision warning saves the day', YouTube, 19 Oct. 2016, https://www.youtube.com/watch?v=SnRp56XjV_M.

(265) Jordan Golson and Dieter Bohn, 'All new Tesla cars now have hardware for "full self-driving capabilities": but some safety features will be disabled initially', The Verge, 19 Oct. 2016, https://www.theverge.com/201613340938/19/10//tesla-autopilot-update-model-3-elon-musk-update.

(266) Fred Lambert, 'Tesla introduces first phase of "Enhanced Autopilot": "measured and cautious for next several hundred million miles" – release notes', Electrek, 1 Jan 2017, https://electrek.co/201701/01// tesla-enhanced-autopilot-release-notes/.

(267) DPC Cars, 'Toyota Guardian and Chauffeur autonomous vehicle platform', YouTube, 27 Sept. 2017, https://www.youtube.com/watch?v=IMdceKGJ9Oc.

(268) Brian Milligan, 'The most significant development since the safety belt', BBC News, 15 April 2018, http:// www.bbc.co.uk/news/business-43752226

(269) Bob Taylor, Crimebuster: Inside the Minds of Britain's Most Evil Criminals (London: Piatkus, 2002), ch. 9, 'A day out from jail'.

(270) نفس المصدر السابق.

(271) Nick Davies, 'Dangerous, in prison – but free to rape', Guardian, 5 Oct. 1999, https://www.theguardian.

com/uk/1999/oct/05/nickdavies1.

(272) João Medeiros, 'How geographic profiling helps find serial criminals', Wired, Nov. 2014, http://www.wired.co.uk/article/mapping-murder.

(273) Nicole H. Rafter, ed., The Origins of Criminology: A Reader (Abingdon: Routledge, 2009), p. 271.

(274) Luke Dormehl, The Formula: How Algorithms Solve All Our Problems . . . and Create More (London: W. H. Allen, 2014), p. 117.

(275) Dormehl, The Formula, p. 116.

(276) D. Kim Rossmo, 'Geographic profiling', in Gerben Bruinsma and David Weisburd, eds, Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice (New York: Springer, 2014), https://link.springer.com/referenceworkentry/10.10072%F978678_2-5690-4614-1-.

(277) نفس المصدر السابق.

(278) João Medeiros, 'How geographic profiling helps find serial criminals'.

(279) نفس المصدر السابق.

(280) '"Sadistic" serial rapist sentenced to eight life terms', Independent (Ireland), 6 Oct. 1999, http://www.independent.ie/world-news/sadistic-serial-rapist-sentenced-to-eight-life-terms-26134260.html.

(281) نفس المصدر السابق.

(282) Steven C. Le Comber, D. Kim Rossmo, Ali N. Hassan, Douglas O. Fuller and John C. Beier, 'Geographic profiling as a novel spatial tool for targeting infectious disease control', International Journal of Health Geographics, vol. 10, no.1, 2011, p. 35, https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3123167/.

(283) Michelle V. Hauge, Mark D. Stevenson, D. Kim Rossmo and Steven C. Le Comber, 'Tagging Banksy: using geographic profiling to investigate a modern art mystery', Journal of Spatial Science, vol. 61, no. 1, 2016, pp. 185–90, http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.108014498596.2016.1138246/.

(284) Raymond Dussault, 'Jack Maple: betting on intelligence', Government Technology, 31 March 1999, http://www.govtech.com/featured/Jack-Maple-Betting-on-Intelligence.html.

(285) نفس المصدر السابق.

(286) نفس المصدر السابق.

(287) Nicole Gelinas, 'How Bratton's NYPD saved the subway system', New York Post, 6 Aug. 2016, http://nypost.com/201606/08//how-brattons-nypd-saved-the-subway-system/.

(288) Dussault, 'Jack Maple: betting on intelligence'.

(289) Andrew Guthrie Ferguson, 'Predictive policing and reasonable suspicion', Emory Law Journal, vol. 62, no. 2, 2012, p. 259, http://law.emory.edu/elj/content/volume-62/issue-2/articles/predicting-policing-and-reasonable-suspicion.html.

(290) Lawrence W. Sherman, Patrick R. Gartin and Michael E. Buerger, 'Hot spots of predatory crime: routine activities and the criminology of place', Criminology, vol. 27, no. 1, 1989, pp. 27–56, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.17459125.1989-.tb00862.x/abstract.

(291) Toby Davies and Shane D. Johnson, 'Examining the relationship between road structure and burglary risk via quantitative network analysis', Journal of Quantitative Criminology, vol. 31, no. 3, 2015, pp. 481–507, http://discovery.ucl.ac.uk/14562935//Johnson_art%253A10.1007252%Fs109404-9235-014-.pdf.

(292) Michael J. Frith, Shane D. Johnson and Hannah M. Fry, 'Role of the street network in burglars' spatial decision-making', Criminology, vol. 55, no. 2, 2017, pp. 344–76, http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.11119125.12133-1745//full.

(293) Spencer Chainey, Predictive Mapping (Predictive Policing), JDI Brief (London: Jill Dando Institute of Security and Crime Science, University College London, 2012), http://discovery.ucl.ac.uk/13440803// JDIBriefs_PredictiveMappingSChaineyApril2012.pdf

(294) نفس المصدر السابق.

(295) إخلاء مسؤولية بسيط: خوارزم PredPol نفسه ليس متاحاً للعوام. التجربة التي نشير إليها هنا أجراها نفس علماء الرياضيات الذين بنوه، باستخدام تقنية تحاكي وصف البرنامج الخاص. تشير الدلائل كلها إلى أنهما الشيء نفسه. لكننا لا نستطيع التأكد تماماً.

(296) G. O. Mohler, M. B. Short, Sean Malinowski, Mark Johnson, G. E. Tita, Andrea L. Bertozzi and P. J. Brantingham, 'Randomized controlled field trials of predictive policing', Journal of the American Statistical Association, vol. 110, no. 512, 2015, pp. 1399–1411, http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.10800162145/ 9.2015.1077710.

(297) Kent Police Corporate Services Analysis Department, PredPol Operational Review, 2014, http://www. statewatch.org/docbin/uk-2014-kent-police-predpol-op-review.pdf.

(298) Mohler et al., 'Randomized controlled field trials of predictive policing'.

(299) Kent Police Corporate Services Analysis Department, PredPol Operational Review: Initial Findings, 2013, https://www.whatdotheyknow.com/request/181341/response/454199/attach/320%20888%2010%13/Appendix.pdf.

(300) Kent Police Corporate Services Analysis Department, PredPol Operational Review.

(301) لم تكن تلك في الواقع شرطة تنبؤية، وإنما خوارزم أبسط بكثير يعتمد على تأثير العلامات والتعزيز. انظر:

Matthew Fielding and Vincent Jones, 'Disrupting the optimal forager: predictive risk mapping and domestic burglary reduction in Trafford, Greater Manchester', International Journal of Police Science and Management, vol. 14, no. 1, 2012, pp. 30–41.

(302) Joe Newbold, '"Predictive policing", "preventative policing" or "intelligence led policing". What is the future?' Consultancy project submitted in assessment for Warwick MBA programme, Warwick Business School, 2015.

(303) Data from 2016: COMPSTAT, Citywide Profile 1216/31/12–16/04/, http://assets.lapdonline.org/assets/pdf/123116cityprof.pdf.

(304) Ronald V. Clarke and Mike Hough, Crime and

Police Effectiveness, Home Office Research Study no. 79 (London: HMSO, 1984), https://archive.org/stream/op1276605100l-/op1276605100l-_djvu.txt, as told in Tom Gash, Criminal: The Truth about Why People Do Bad Things (London: Allen Lane, 2016).

(305) Kent Police Corporate Services Analysis Department, PredPol Operational Review.

(306) PredPol, 'Recent examples of crime reduction', 2017, http://www.predpol.com/results/.

(307) Aaron Shapiro, 'Reform predictive policing', Nature, vol. 541, no. 7638, 25 Jan. 2017, http://www.nature.com/news/reform-predictive-policing-1.21338.

(308) Chicago Data Portal, Strategic Subject List, https://data.cityofchicago.org/Public-Safety/Strategic-Subject-List/4aki-r3np.

(309) Jessica Saunders, Priscilla Hunt and John Hollywood, 'Predictions put into practice: a quasi-experimental evaluation of Chicago's predictive policing pilot', Journal of Experimental Criminology, vol. 12, no. 3, 2016, pp. 347–71.

(310) Copblock, 'Innocent man arrested for robbery and assault, spends two months in Denver jail', 28 April 2015, https://www.copblock.org/122644/man-arrested-for-robbery-assault-he-didnt-commit-spends-two-months-in-denver-jail/.

(311) نفس المصدر السابق.

(312) Ava Kofman, 'How a facial recognition mismatch can ruin your life', The Intercept, 13 Oct. 2016.

(313) نفس المصدر السابق.

(314) Copblock, 'Denver police, "Don't f*ck with the biggest gang in Denver" before beating man wrongfully arrested – TWICE!!', 30 Jan. 2016, https://www.copblock.org/152823/denver-police-fck-up-again/.

(315) في الواقع، حكاية تالي أكثر ترويعاً بكثير من الملخص الذي قدمته هنا. بعد قضائه شهرين في السجن إثر اعتقاله المبدئي، أُطلق سراحه دون توجيه تهم إليه. ثم بعد سنة -بعدما صار يعيش في ملجأ- قُبض عليه للمرة الثانية. هذه المرة دون اسقاط التُهم، وشهدت المباحث الفيدرالية ضده. تداعت القضية ضده أخيراً عندما أدركت صرّافة البنك أن تالي يفتقر للشامة التي رأتها على يد السارق عندما تجاوز الحاجز، وشهدت في المحكمة «إنه ليس الرجل الذي سرقني». رفع تالي قضية تعويض مطالباً بعشر ملايين دولار. للحكاية كاملة انظر:

Kofman, 'How a facial recognition mismatch can ruin your life'.

(316) Justin Huggler, 'Facial recognition software to catch terrorists being tested at Berlin station', Telegraph, 2 Aug. 2017, http://www.telegraph.co.uk/news/201702/08//facial-recognition-software-catch-terrorists-tested-berlin-station/.

(317) David Kravets, 'Driver's license facial recognition tech leads to 4,000 New York arrests', Ars Technica, 22 Aug. 2017, https://arstechnica.com/tech-policy/201708//biometrics-leads-to-thousands-of-a-ny-arrests-for-fraud-identity-theft/.

(318) Ruth Mosalski, 'The first arrest using facial recognition software has been made', Wales Online, 2 June 2017, http://www.walesonline.co.uk/news/local-news/first-arrest-using-facial-recognition-13126934.

(319) Sebastian Anthony, 'UK police arrest man via automatic face recognition tech', Ars Technica, 6 June 2017, https://arstechnica.com/tech-policy/201706//police-automatic-face-recognition.

(320) David White, Richard I. Kemp, Rob Jenkins, Michael Matheson and A. Mike Burton, 'Passport officers' errors in face matching', PLOSOne, 18 Aug. 2014, http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0103510#s6.

(321) Teghan Lucas and Maciej Henneberg, 'Are human faces unique? A metric approach to finding single individuals without duplicates in large samples', Forensic Science International, vol. 257, Dec. 2015, pp. 514e1–514.e6, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073815003758.

(322) Zaria Gorvett, 'You are surprisingly likely to have a living doppelganger', BBC Future, 13 July 2016, http://www.bbc.com/future/story/20160712-you-are-surprisingly-likely-to-have-a-living-doppelganger.

(323) 'Eyewitness misidentification', The Innocence Project, https://www.innocenceproject.org/causes/eyewitness-misidentification.

(324) Douglas Starr, 'Forensics gone wrong: when DNA snares the innocent', Science, 7 March 2016, http://www.sciencemag.org/news/201603//forensics-gone-wrong-when-dna-snares-innocent.

(325) لا يعني ذلك أن اختبار التسلسل الجيني لا يُخطئ في تحديد الهوية، الأخطاء تحدث. لكن ذلك يعني أن لديك وسيلة لجعلها نادرة بقدر الإمكان.

(326) Richard W. Vorder Bruegge, Individualization of People from Images (Quantico, Va., FBI Operational Technology Division, Forensic Audio, Video and Image Analysis Unit), 12 Dec. 2016, https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/201612/12//vorderbruegge-face.pdf.

(327) Lance Ulanoff, 'The iPhone X can't tell the difference between twins', Mashable UK, 31 Oct. 2017, http://mashable.com/201731/10//putting-iphone-x-face-id-to-twin-test/#A87kA26aAqqQ.

(328) Kif Leswing, 'Apple says the iPhone X's facial recognition system isn't for kids', Business Insider UK, 27 Sept. 2017, http://uk.businessinsider.com/apple-says-the-iphone-xs-face-id-is-less-accurate-on-kids-under-139-2017-.

(329) Andy Greenberg, 'Watch a 10-year-old's face unlock his mom's iPhone X', Wired, 14 Nov. 2017, https://www.wired.com/story/10-year-old-face-id-unlocks-mothers-iphone-x/.

(330) 'Bkav's new mask beats Face ID in "twin way": severity level raised, do not use Face ID in business transactions', Bkav Corporation, 27 Nov. 2017, http://www.bkav.com/dt/top-news/-/view_content/content/103968/bkav%EF%BF%BDs-new-mask-beats-face-id-in-twin-way-severity-level-raised-do-not-use-face-id-in-business-transactions.

(331) Mahmood Sharif, Sruti Bhagavatula, Lujo Bauer and Michael Reiter, 'Accessorize to a crime: real and stealthy attacks on state-of-the-art face recognition', paper presented at ACM SIGSAC Conference, 2016, https://www.cs.cmu.edu/~sbhagava/papers/face-rec-ccs16.pdf.

(332) Ira Kemelmacher-Shlizerman, Steven M. Seitz,

Daniel Miller and Evan Brossard, The MegaFace Benchmark: 1 Million Faces for Recognition at Scale, Computer Vision Foundation, 2015, https://arxiv.org/abs/1512.00596

(333) 'Half of all American adults are in a police face recognition database, new report finds', press release, Georgetown Law, 18 Oct. 2016, https://www.law.georgetown.edu/news/press-releases/half-of-all-american-adults-are-in-a-police-face-recognition-database-new-report-finds.cfm.

(334) Josh Chin and Liza Lin, 'China's all-seeing surveillance state is reading its citizens' faces', Wall Street Journal, 6 June 2017, https://www.wsj.com/articles/the-all-seeing-surveillance-state-feared-in-the-west-is-a-reality-in-china-1498493020.

(335) Daniel Miller, Evan Brossard, Steven M. Seitz and Ira Kemelmacher-Shlizerman, The MegaFace Benchmark: 1 Million Faces for Recognition at Scale, 2015, https://arxiv.org/pdf/1505.02108.pdf.

(336) نفس المصدر السابق.

(337) MegaFace and MF2: Million-Scale Face Recognition, 'Most recent public results', 12 March 2017, http://megaface.cs.washington.edu/; 'Leading facial

recognition platform Tencent YouTu Lab smashes records in MegaFace facial recognition challenge', Cision PR Newswire, 14 April 2017, http://www.prnewswire.com/news-releases/leading-facial-recognition-platform-tencent-youtu-lab-smashes-records-in-megaface-facial-recognition-challenge-300439812.html.

(338) Dan Robson, 'Facial recognition a system problem gamblers can't beat?', TheStar.com, 12 Jan. 2011, https://www.thestar.com/news/gta/201112/01//facial_recognition_a_system_problem_gamblers_cant_beat.html.

(339) British Retail Consortium, 2016 Retail Crime Survey (London: BRC, Feb. 2017), https://brc.org.uk/media/116348100 81-/brc-retail-crime-survey-2016_all-graphics-latest.pdf.

(340) D&D Daily, The D&D Daily's 2016 Retail Violent Death Report, 9 March 2017, http://www.d-ddaily.com/archivesdaily/DailySpecialReport0317-09-F.htm.

(341) Joan Gurney, 'Walmart's use of facial recognition tech to spot shoplifters raises privacy concerns', iQ Metrix, 9 Nov. 2015, http://www.iqmetrix.com/blog/walmarts-use-of-facial-recognition-tech-to-spot-shoplifters-raises-privacy-concerns.

(342) Andy Coghlan and James Randerson, 'How far should fingerprints be trusted?', New Scientist, 14 Sept. 2005, https://www.newscientist.com/article/dn8011-how-far-should-fingerprints-be-trusted/.

(343) Phil Locke, 'Blood spatter – evidence?', The Wrongful Convictions Blog, 30 April 2012, https://wrongfulconvictionsblog.org/201230/04//blood-spatter-evidence/.

(344) Michael Shermer, 'Can we trust crime forensics?', Scientific American, 1 Sept. 2015, https://www.scientificamerican.com/article/can-we-trust-crime-forensics/.

(345) National Research Council of the National Academy of Sciences, Strengthening Forensic Science in the United States: A Path Forward (Washington DC:
National Academies Press, 2009), p. 7, https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/228091.pdf.

(346) Colin Moynihan, 'Hammer attacker sentenced to 22 years in prison', New York Times, 19 July 2017, https://www.nytimes.com/201719/07//nyregion/hammer-attacker-sentenced-to-22-years-in-prison.html?mcubz=0.

(347) Jeremy Tanner, 'David Baril charged in hammer

attacks after police-involved shooting', Pix11, 14 May 2015, http://pix11.com/201514/05//david-baril-charged-in-hammer-attacks-after-police-involved-shooting/.

(348) 'Long-time fugitive captured juggler was on the run for 14 years', FBI, 12 Aug. 2014, https://www.fbi.gov/news/stories/long-time-fugitive-neil-stammer-captured.

(349) Pei-Sze Cheng, 'I-Team: use of facial recognition technology expands as some question whether rules are keeping up', NBC 4NewYork, 23 June 2015, http://www.nbcnewyork.com/news/local/Facial-Recognition-NYPD-Technology-Video-Camera-Police-Arrest-Surveillance-309359581.html.

(350) Nate Berg, 'Predicting crime, LAPD-style', Guardian, 25 June 2014, https://www.theguardian.com/cities/2014/jun/25/predicting-crime-lapd-los-angeles-police-data-analysis-algorithm-minority-report.

(351) Matthew J. Salganik, Peter Sheridan Dodds and Duncan J. Watts, 'Experimental study of inequality and unpredictability in an artificial cultural market', Science, vol. 311, 10 Feb. 2006, p. 854, DOI: 10.1126/science.1121066, https://www.princeton.edu/~mjs3/

salganik_dodds_watts06_full.pdf.

(352) http://www.princeton.edu/~mjs3/musiclab.shtml.

(353) Kurt Kleiner, 'Your taste in music is shaped by the crowd', New Scientist, 9 Feb. 2006, https://www.newscientist.com/article/dn8702-your-taste-in-music-is-shaped-by-the-crowd/.

(354) Bjorn Carey, 'The science of hit songs', LiveScience, 9 Feb. 2006, https://www.livescience.com/7016-science-hit-songs.html.

(355) 'Vanilla, indeed', True Music Facts Wednesday Blogspot, 23 July 2014, http://truemusicfactswednesday.blogspot.co.uk/201407//tmfw-46-vanilla-indeed.html.

(356) Matthew J. Salganik and Duncan J. Watts, 'Leading the herd astray: an experimental study of self-fulfilling prophecies in an artificial cultural market', Social Psychology Quarterly, vol. 74, no. 4, Fall 2008, p. 338, DOI: https://doi.org/10.1177019027250807100404/.

(357) S. Sinha and S. Raghavendra, 'Hollywood blockbusters and long-tailed distributions: an empirical study of the popularity of movies', European Physical Journal B, vol. 42, 2004, pp. 293–6, DOI: https://doi.org/10.1140/epjb/e20047-00382-; http://econwpa.repec.org/eps/io/papers/04060406008/.pdf.

(358) 'John Carter: analysis of a so-called flop: a look at the box office and critical reaction to Disney's early tentpole release John Carter', WhatCulture, http://whatculture.com/film/john-carter-analysis-of-a-so-called-flop.

(359) J. Valenti, 'Motion pictures and their impact on society in the year 2000', speech given at the Midwest Research Institute, Kansas City, 25 April 1978, p. 7.

(360) William Goldman, Adventures in the Screen Trade (New York: Warner, 1983).

(361) Sameet Sreenivasan, 'Quantitative analysis of the evolution of novelty in cinema through crowdsourced keywords', Scientific Reports 3, article no. 2758, 2013, updated 29 Jan. 2014, DOI: https://doi.org/10.1038/srep02758, https://www.nature.com/articles/srep02758.

(362) Márton Mestyán, Taha Yasseri and János Kertész, 'Early prediction of movie box office success based on Wikipedia activity big data', PLoS ONE, 21 Aug. 2013, DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071226.

(363) Ramesh Sharda and Dursun Delen, 'Predicting box-office success of motion pictures with neural networks', Expert Systems with Applications, vol. 30, no. 2, 2006, pp. 243–4, DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.07.018; https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417405001399.

(364) Banksy NY, 'Banksy sells work for $60 in Central Park, New York – video', Guardian, 14 Oct. 2013, https://www.theguardian.com/artanddesign/video/2013/oct/14/banksy-central-park-new-york-video.

(365) Bonhams, 'Lot 12 Banksy: Kids on Guns', 2 July 2014, http://www.bonhams.com/auctions/21829/lot/12/.

(366) Charlie Brooker, 'Supposing . . . subversive genius Banksy is actually rubbish', Guardian, 22 Sept. 2006, https://www.theguardian.com/commentisfree/2006/sep/22/arts.visualarts.

(367) Gene Weingarten, 'Pearls before breakfast: can one of the nation's greatest musicians cut through the fog of a DC rush hour? Let's find out', Washington Post, 8 April 2007, https://www.washingtonpost.com/lifestyle/magazine/pearls-before-breakfast-can-one-of-the-nations-great-musicians-cut-through-the-fog-of-a-dc-rush-hour-lets-find-out/20148/23/09/a6d46da-433111-e4-b47c-f5889e061e5f_story.html?utm_term=.a8c9b9922208.

(368) الاقتباسات من أرماند ليروي من مراسلات شخصية. الدراسة المشار إليها هي:

Matthias Mauch, Robert M. MacCallum, Mark Levy and Armand M. Leroi, 'The evolution of popular music: USA

1960–2010', Royal Society Open Science, 6 May 2015, DOI: https://doi.org/10.1098/rsos.150081.

(369) الاقتباسات من ديفيد كوب من مراسلات شخصية.

(370) شذبت ذلك الاقتباس بغرض الاختصار، انظر:

Douglas Hofstadter, Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid (London: Penguin, 1979), p. 673.

(371) George Johnson, 'Undiscovered Bach? No, a computer wrote it', New York Times, 11 Nov. 1997.

(372) Benjamin Griffin and Harriet Elinor Smith, eds, Autobiography of Mark Twain, vol. 3 (Oakland, CA, and London, 2015), part 1, p. 103.

(373) Leo Tolstoy, What Is Art? (London: Penguin, 1995; first publ. 1897).

(374) Hofstadter, Gödel, Escher, Bach, p. 674.

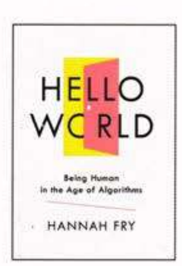
(375) لقصة رهينة إبراهيم، انظر:

https://www.propublica.org/article/fbi-checked-wrong-box-rahinah-ibrahim-terrorism-watch-list; https://alumni.stanford.edu/get/page/magazine/article/?article_id=66231.

(376) GenPact, Don't underestimate importance of process in coming world of AI, 14 Feb. 2018, http://www.genpact.com/insight/blog/dont-underestimate-importance-of-process-in-coming-world-of-ai.



H A N N A H   F R Y




هذا الكتاب، في صميمه، عن البشر؛ مَن نحن؟ وإلى أين ذاهبون؟ وما المهم لنا؟ وكيف يمكن للتكنولوجيا أن تغيرنا؟ عن علاقتنا بالخوارزميات الموجودة فعلًا، التي تعمل معنا جنبًا إلى جنب، وتسلط الضوء على قدراتنا، وتصحّح أخطاءنا، وتحلّ مشكلاتنا، وتخلق مشكلات جديدة على طول الطريق. وهل للخوارزميات منفعة لمجتمع ما؟ متى نثق بالآلة أكثر من حكمك الشخصي ومتى تقاوم إغراء ترك الزمام لها؟ عن تفكيك الخوارزميات وإيجاد حدودها، والنظر إلى أعماقنا لنجد حدودنا، وفصل الضار عن النافع، وتحديد نوع العالم الذي نودّ العيش فيه.

- القائمة القصيرة لجائزة "

كتاب العلوم للجمعية الملكية"

- "دليل جميل وميسر... أحد أفضل الكتب المكتوبة عن البيانات والخوارزميات"

جريدة التايمز (المملكة المتحدة)



ISBN 978-9921-730-55-5



